Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Dezember
12 / 2005
€ 6,50 / sFr 12,50

BEGEGNUNG MIT DER MILCHSTRASSE

Wie Sie unsere Heimatgalaxie hautnah erleben können

EINSTEIN AUF DEM PRÜFSTAND

Astronomen testen die Relativitätstheorie

TELESKOPE FÜR EINSTEIGER

Tolle Geräte nicht nur für Kinder und Jugendliche

»RAUMSCHIFF ERDE«-DVD IM HEFT

Reisen Sie virtuell durchs Sonnensystem

60463

4 196046 306506 12

EDITORIAL

Das erste ASTRONOMIE HEUTE vom März 2003

Ein Grund zum Feiern

Wenn der Kalender es nicht bestätigen würde, hätte ich Zweifel: Dies ist die 25. Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE. Die drei Jahre seit der Erstausgabe März/April 2003 vergingen wie im Flug. Erst zweimonatlich, dann bald mit zehn Ausgaben im Jahr haben wir (siehe Foto) Sie in Astronomie und Raumfahrt auf dem Laufenden gehalten. Zugleich boten wir Ihnen Tests, Tipps und Tools, um Ihnen die Amateurastronomie zu erleichtern. Und schließlich gibt es unsere Rubriken für Einsteiger – um sich am Nachthimmel überhaupt erst zurechtzufinden.

Doch worum es uns eigentlich geht, ist der Spaß, den Astronomie machen kann, egal ob lesend »im Lehnstuhl« oder nachts mit dem Teleskop unter freiem Himmel. Die Faszination des Weltalls haben Sie selbst immer wieder bestens dokumentiert: mit den zahlreichen Aufnahmen, die Sie einschicken und von denen wir aus Platzgründen nur einen Teil in unseren »Glanzlichtern« abdrucken können. Wir würden uns freuen, wenn wir Sie auch künftig auf Ihren Himmelsexpeditionen begleiten dürfen.

AH, CLAUS SCHÄFER

Dreissigacker, Breuer, Konermann, Fichtner, Schubert, Maintz, Schuering (v. l.)

Zu den Einsteigern rechnen wir natürlich auch Kinder und Jugendliche. Ab S. 80 beschäftigen wir uns damit, wie schon der Nachwuchs mit einfach zu bedienenden Teleskopen zurechtkommen kann. Den kleinen Astronomiebegeisterten wollen wir uns künftig in jeder Ausgabe widmen: 2006 starten wir mit einer Astronomierubrik für unsere Jüngsten. Früh übt sich, wer zumindest ein kleiner Meister der Beobachtung werden will.

Pech für die Esa, Glück für China: Zunächst hob die russische Rakete, die den europäischen Esa-Satelliten CryoSat ins All tragen sollte, noch elegant ab und verschwand in den Wolken. Danach begann das Desaster: Die dritte Stufe stürzte samt Satelliten nordöstlich von Grönland ins Meer – der dritte schwere Fehlschlag für die Esa in knapp zehn Jahren. Jetzt fordern Esa-Forscher den Bau eines »CryoSat 2«, der ebenfalls das Eis der Polregionen observieren soll (S.11).

Besser ging es der chinesischen Raumfahrt: Mitte Oktober flogen zum zweiten Mal so genannte Taikonauten ins All. Die beiden chinesischen Raumfahrer verbrachten mehrere Tage an Bord einer Shenzou VI. China ist fest entschlossen, sich neben den USA und Russland mit bemannter Raumfahrt zu etablieren.

Die Rubrik »Leser fragen – Experten antworten« findet Ihr Interesse, wie unsere Umfragen belegen. Das hat uns angeregt, eine ähnliche Rubrik in unseren »Glanzlichtern« zu starten. Der profilierte Astrofotograf Stefan Seip wird künftig Ihre Fragen zur oft sehr speziellen Aufnahmetechnik lichtschwacher Himmelsobjekte beantworten. Schicken Sie uns Ihre Probleme und die Aufnahmen – roh und bearbeitet. Seip antwortet und verrät seine Tipps und Tricks.

Zu guter Letzt: Die DVD, die diesem Heft beigeklebt ist, entführt Sie diesmal, passend zur Jahreszeit, in den »Winter«. Mit dem Raumschiff Erde in einer 3-D-Simulation unterwegs im Sonnensystem – viel Spaß!

INHALT

WISSEN

Astro News 8
Kurzer Gammastrahlenausbruch, Besuch bei Dione, Magnetfeld des Mars, Problem mit Hayabusa u. a.

Braune Zwerge 14
Erst gut zehn Jahre ist es her, dass Forscher das fehlende Glied zwischen Sternen und Planeten entdeckten

▶ **Einstein im Test** 20
Seine Theorien könnten sich schon bald als unvollständig erweisen

Przybylskis Stern 30
Er entschlüsselt das Rätsel der Entstehung seltener Elemente

▶ **Wundersame Galaxis** 36
In dunklen Winternächten steht die Milchstraße im Zenit

BEOBACHTUNG

Schauplatz Mond 42
Am lunaren Südwestrand verstecken sich Mehrfachringsysteme

Deep Sky 44
Entdecken Sie die prächtigen Nebel im Schwert des Orion

Feldstechertipp 49
Herschels Granatstern – einer der größten Sterne der Milchstraße

Sterntafel 50
Den mitternächtliche Himmel zieren Mars und Saturn

Planetarium 52
Gehen Sie im Sternbild Perseus auf Deep-Sky-Safari

SZENE

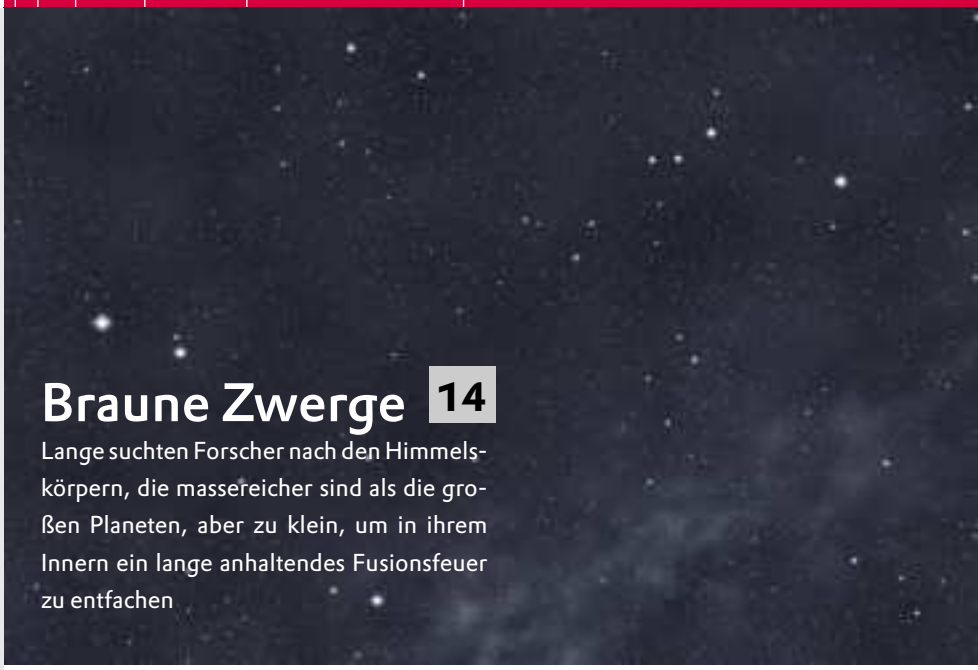
Kippenhahns Sternstunde 54
Was alles für den Urknall spricht

Vor Ort 56
Das Hauptquartier der Europäischen Südsternwarte Eso

Nachgeschaut 60
Transit selbst gemacht: Jagd nach dem besten Sonnenuntergangspunkt

Schillerjahr 2005 62
Sterngucken mit Goethe

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet



Braune Zwerge 14

Lange suchten Forscher nach den Himmelskörpern, die massereicher sind als die großen Planeten, aber zu klein, um in ihrem Innern ein lange anhaltendes Fusionsfeuer zu entfachen

TITEL 36

ILLUSTRATION: MARK GARLICK

Ein Feuerrad aus unzähligen Sternen nennen wir unser galaktisches Zuhause. Die meisten verbergen sich jedoch hinter Dunkelwolken

Alles relativ?

Einstein war zutiefst davon überzeugt, dass sein neues, revolutionäres Weltbild umfassend richtig sei. Heutigen Physikern fällt es jedoch schwer, diese Auffassung zu teilen

20

PATRICIA GILLIS-COPPOLA

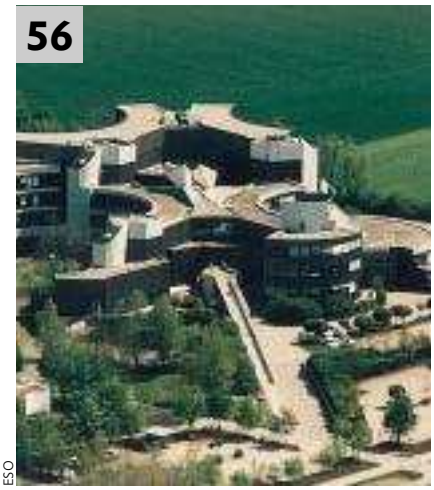
30

AKIRA FUJII

Herkunft des Seltenen

Ein Stern 8. Größe weist durch sein merkwürdiges Spektrum den Weg zur Quelle seltener chemischer Elemente

ILLUSTRATION: S & T, STEVEN A. SIMPSON



ESO

56 Die Eso-Schaltzentrale

Ohne das »Bodenpersonal« der Europäischen Südsternwarte in Garching bei München (links) läuft nicht viel – weder bei den Instrumenten noch bei den Beobachtungen mit den riesigen Teleskopen in Chile

Fotos huckepack

Wenn Sie ein Fernrohr mit äquatorialer Montierung und Nachführung besitzen, gelingen Ihnen hervorragende Astroaufnahmen kinderleicht

NIGHT SKY, C. M. UTTER

64

NIGHT SKY, C. M. UTTER

Astro-Erstklässler 80

Begleiten Sie uns auf unserem Streifzug durch den Teleskopmarkt und erfahren Sie, welche Geräte sich besonders für Kinder eignen

TIPPS

Astrofotografie 64
Mit der Huckepack-Methode zu gelungenen Weitwinkelaufnahmen

Glanzlichter 74
Die Sonnenfinsternis am 3. Oktober begeisterte zahlreiche Astrofans

Einsteigerecke 78
Wie entstehen unsere Jahreszeiten?

▶ **Teleskopmarkt** 80
Alles, was Sie beim Kauf eines Fernrohrs (nicht nur) für Kinder wissen sollten

Bücher 91
… und auch in die Vollversion der DVD »Raumschiff Erde« haben wir reingeschaut

TV & Events 94
Unsere Tipps, wann Sie Ihr Fernrohr mal stehen lassen sollten

3 Editorial • 6 Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten • 96 Kleinanzeigen / Preisrätsel • 98 Vorschau / Impressum

Titelbild: So könnten wir die Milchstraße sehen, wenn wir in der Galaxie NGC 2841 zu Hause wären

Titelillustration: Mark Garlick

NASA

Seltsame Leuchtobjekte am Nachthimmel lassen sich meistens als Meteoriten, Satelliten oder ausgebrannte Raketenstufen identifizieren. Auch die ISS zieht als strahlender Punkt am Himmel ihre Kreise.

Künstliche Satelliten

Schon oft habe ich ein seltsames Phänomen am Himmel beobachtet, das mir bisher nicht eindeutig klar war. Leider konnte ich bisher keine genauen Ortsangaben (am Himmel) machen. Doch gestern sah ich so etwas wieder.

Es war am 5. Oktober zirka um 5.30 Uhr MESZ, als ich einen »Stern« am Himmel erblickte, der sich aber langsam und gleichmäßig bewegte. Das war in der unmittelbaren Gegend um den Planeten Mars. Dieses Objekt am Himmel zog von dort Richtung Süden. Die Leuchtkraft wurde ganz langsam schwächer, bis man es fast nicht mehr im Schwarz des klaren Himmels sehen konnte. Es sah so aus, als ob es sich von uns entfernte. Das habe ich schon oft in den letzten zehn Jahren gesehen.

Ein Ufo ist es ganz sicher nicht, ein Flugzeug auch nicht. Ich weiß nicht, ob Satelliten, Kometen oder Asteroiden dafür in Frage kommen würden. Was war das?

Dietmar Zirkelbach, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Einer Recherche bei www.heavens-above.com zufolge handelt es sich in diesem Fall um einen Überflug der im Orbit verbliebenen russischen Rakete Resurs 01. Sie ist als künstlicher Satellit mit bis zu 2. Größe zu sehen! Die Webseite hatten wir neben anderen in unserem allerersten Heft in der Rubrik »Astronomie online« vorgestellt (www.wissenschaft-online.de/artikel/762083).

Schwere Elemente

»Der Supernova-Dauerbrenner«, AH 10/2005, S. 24

In Ihrem Artikel ist zu lesen, dass bei der Supernova-Explosion viele chemische Elemente entstehen »bis hin zum Eisen«. Werden dann nicht gerade die Elemente jenseits des Eisens erzeugt? Wenn nicht, wann dann?

Klaus Teutenberg, La Giettaz, Frankreich

Antwort der Redaktion:
Da haben Sie völlig Recht. Die Elemente bis zum Eisen werden im Innern der Sterne durch Kernfusion erzeugt. Alle Elemente, die schwerer als Eisen sind, entstehen dagegen bei Supernova-Explosionen. Nur bei diesen gewaltigen Ausbrüchen kommt es auch zu den extrem hohen Drücken und Temperaturen, die das Verschmelzen von leichten Elementen zu sehr schweren Kernen ermöglichen.

Unruhige Luft

Warum funkeln und flimmern die Sterne eigentlich?

Hartmut Jaschke, Ballycrovane, Irland

Antwort der Redaktion:
Das von Himmelskörpern ausgesandte Licht muss auf seinem Weg zur Erdoberfläche verschiedene unruhige Luftschichten passieren. Dabei wird es von seinem ursprünglichen Weg immer wieder abgelenkt. Das schwache Sternlicht, das nur auf extrem kleine Bereiche der Netzhaut abgebildet wird, fällt daher immer auf andere Stellen im Auge. Diesen Effekt nehmen wir als Funkeln der Sterne wahr. Die Planeten scheinen dagegen nicht oder nur wenig zu flimmern. Das von ihnen kommende Licht reicht meist aus, um mehr Sehnerven anzuregen. Daher wirkt sich die Luftunruhe bei helleren Objekten wesentlich geringer aus.

Errata

»Warten auf Aurora«, AH 11/2005, S. 56

Auf S. 59 ist uns ein Fehler unterlaufen. Die eigentlich halbseitige Anzeige wurde versehentlich auf eine ganze Seite gedruckt. Dadurch überdeckt sie den Schluss des vorherigen Artikels. Auf unserer Internetseite können Sie den vollständigen Artikel unter www.wissenschaft-online.de/artikel/791644 als frei zugängliche Leseprobe herunterladen oder beim Leserservice um Zusendung eines Nachdrucks bitten.

»Ceres womöglich ein Planet?«, AH 11/2005, S. 11

Leider haben wir in der Nachricht ein paar Größenordnungen unterschlagen. Anstatt Kubikmeter hätte es Kubikkilometer heißen müssen.

»Die Namen der Sterne«, AH 11/2005, S. 29

Claudius Ptolemäus verfasste verschiedene wichtige Werke um 150 n. Chr. und nicht um 150 v. Chr.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Mal wird Beteigeuze als größter Stern bezeichnet, dann jedoch VV Cephei oder My Cephei. Jetzt habe ich von drei neu entdeckten großen Sternen gelesen. Welcher ist denn nun der größte bekannte Stern? Ralf Warnstedt, Berlin

Die Frage ist nicht leicht zu beantworten. Was bezeichnet man als Durchmesser von Sternen, die ja als gasförmige Körper nicht scharf begrenzt sind? Bei der Sonne ändert sich die Durchsichtigkeit der Materie in der Photosphäre innerhalb von nur zirka 500 Kilometern von durchsichtig bis völlig undurchsichtig, also auf einer Strecke, die weniger als ein Promille des Radius ausmacht. Daher erscheint sie uns ziemlich scharf begrenzt.

Bei den Roten Überriesen, dem größten bekannten Sterntyp, ist das nicht der Fall. Dem Auge würde ein solcher Stern sehr unscharf begrenzt erscheinen. Formal kann man einen Durchmesser über die Leuchtkraft definieren. Der berechnete Wert ist jedoch sehr unsicher, zumal man bei den weit entfernten Roten Überriesen weder die Leuchtkraft noch die Effektivtemperatur genau kennt.

Bei dem relativ nahen Stern Beteigeuze ist es gelungen, den scheinbaren Winkeldurchmesser zu bestimmen, woraus man bei bekannter Entfernung den wahren Durchmesser berechnen kann. Aber auch hier ergibt sich das Problem mit der unscharfen Begrenzung. Die in der Literatur angegeben Werte streuen zwischen 230 bis 530 Sonnendurchmessern. Beteigeuze wird in seiner Leuchtkraft von einigen anderen Überriesen jedoch deutlich übertroffen, sodass er unter den größten bekannten Sternen sicher nicht den Rekord hält.

Lediglich bei VV Cephei haben wir das Glück, dass er zu einem Doppelsternsystem gehört und ein so genannter Bedeckungsveränderlicher mit der enorm langen Periode von zwanzig Jahren ist. Da man die Geometrie des Systems aus verschiedenen Beobachtungen recht gut kennt, kann man aus der Dauer der Verfinsterung des Begleiters einen relativ genauen Radius für den Überriesen abschätzen. Er beträgt zirka 1600 Sonnenradien. Dies ist vermutlich der größte Stern, dessen Durchmesser wir einigermaßen zuverlässig kennen. Mehr über My Cephei erfahren Sie im Feldstechertipp auf S. 59. **>> Matthias Hünsch**

Der Autor erforscht die Eigenschaften der Sterne an der Universität Kiel.

ESO

Sterndurchmesser lassen sich mit Hilfe der Leuchtkraft und Entfernung bestimmen.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

1. Internationale Astronomie-Messe in Süddeutschland am 16. September 2006

- **Große Teleskopausstellung**
- **Informatives Rahmenprogramm**
- **Große Freifläche für Tests und Beobachtungen**
- **Einkaufsmöglichkeiten durch Teilnahme zahlreicher Händler, großer Gebrauchtmarkt**
- **Forum und Messerestaurant als Marktplatz für Gespräche und Erfahrungsaustausch**
- **Auf der AME2006 finden Sie alles: Fernrohre, Spektive, Zubehör, Montierungen, Stative, Bücher, Software, Zeitschriften ...**
- **Wo?** Messegelände
  78056 Villingen-Schwenningen
  – direkt an der Autobahnausfahrt
  – 6000 kostenlose Parkplätze
  – ca. 15 Gehminuten vom Bahnhof

Astro-Messe
S. Bergthal, W. Küchler, G. Mancuso
Friedhofstr. 13 • D-78628 Rottweil 1
Tel.: 0741 2 70 62 10
info@astro-messe.de
www.astro-messe.de

NASA, JPL / SSI

Die feinen Strukturen auf der Oberfläche von Dione entstanden durch tektonische Aktivität.

CASSINI

Besuch bei Saturnmond Dione

Er ist mit einem Durchmesser von rund 1120 Kilometern der viertgrößte Mond des Saturns und besteht, so vermuten Forscher, nur zu einem Drittel aus Gestein. Der Rest ist gefrorenes Wasser. Jetzt bekam Dione Besuch von der Raumsonde Cassini und wurde von ihr aus nur 500 Kilometer Entfernung fotografiert.

Die Oberfläche des Trabanten ist von Kratern übersät. Auffällig sind aber auch feine lang gezogene Strukturen, die nach Ansicht von Bonnie Buratti vom Jet Propulsion Laboratory in Pasadena Ausdruck tektonischer Aktivität sind. Mit Hilfe des Spektrometers an Bord von Cassini konnten die Forscher nachweisen, dass das Eis insbesondere an geologischen Verwerfungen zum Vorschein kommt, während in den Niederungen und Kratern dunkles, steiniges Material akkumulieren konnte. Hinweise auf eine Atmosphäre gibt es bisher nicht.

Dione gehört zu den großen Saturnmonden und kreist mit einem Bahnradius von 377 000 Kilometern innerhalb des breiten, aber unscheinbaren E-Rings um den Gasriesen. Für eine Umrundung des Planeten benötigt er 2,7 Erdtage.

Im Jahr 1684 hatte der französische Astronom und Mathematiker Giovanni Domenico Cassini (1625–1712) den Trabanten ebenso wie Tethys entdeckt.

GAMMASTRAHLENBLITZE

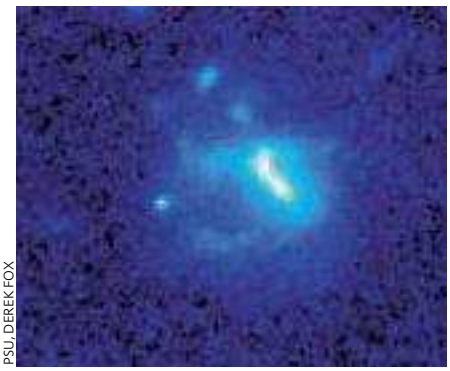
Rätsel gelöst

Die Explosion dauerte nur ein paar tausendstel Sekunden, war aber einige tausend Milliarden Mal heller als die Sonne. Auch wenn das international zusammengesetzte Astronomenteam den extrem kurzen Gammastrahlenausbruch nicht direkt beobachten konnte, so reichte den Forschern die Auswertung des Nachglühens, um ihn zu lokalisieren: in einer kleinen, rund zwei Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxie.

Seit den 1970er Jahren rätseln Wissenschaftler, warum es neben den einige Sekunden andauernden auch jene kurzen Gammastrahlenblitze gibt. Während Erstere von der Explosion massereicher Sterne zeugen, war man sich über die Ursache der Letzteren nicht sicher. Die meisten gingen davon aus, dass es sich dabei um die Kollision von Neutronensternen oder Schwarzen Löchern handelte.

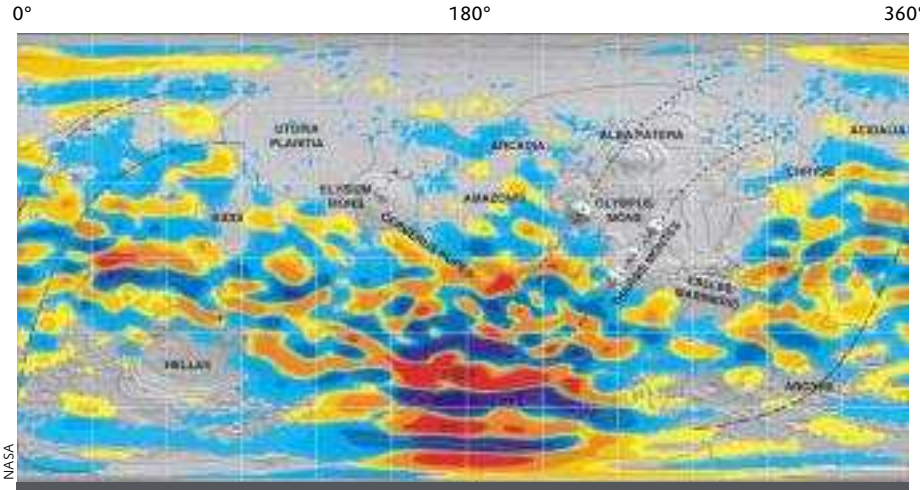
Aus der Entfernung sowie der Vermessung der bei der Explosion freigesetzten Jets konnten die Forscher diesen Verdacht nun bestätigen. Auf der Basis ihrer Daten schätzen die Forscher, dass eine derartige Kollision in unserer Galaxis einmal in fünfhundert Millionen Jahren zu erwarten ist.

Sie waren am 9. Juli 2005 weltweit auf den Gammastrahlenausbruch aufmerksam geworden, nachdem der Nasasatellit Hete (High-Energy Transient Explorer) Alarm geschlagen hatte. Es wurden dann zahlreiche Teleskope auf die Quelle gerichtet, darunter auch Chandra und Hubble, mit dem sich das Nachglühen fast 17 Tage lang beobachten ließ.



PSU, DEREK FOX

Über Tage und Wochen beobachteten Forscher das Nachglühen des Gammastrahlenblitzes.



NASA

Magnetische Streifen beweisen: Auch der Mars war geologisch einst aktiv.

MARS I

Aufschlussreiches Magnetfeld des Mars

Nun hat kaum noch jemand Zweifel: Die Kruste des Mars besteht wie die der Erde aus einzelnen Platten, die sich – zumindest in der Vergangenheit – genauso aneinander rieben und Vulkane sowie kilometertiefe Gräben entstehen ließen.

Die Beweise dafür finden sich in der ersten globalen Karte der magnetischen Eigenschaften unseres Nachbarplaneten. Sie entstand auf der Basis hoch aufgelöster Daten des Mars Global Surveyor.

Besonders aufschlussreich sind die streifenförmig nebeneinander liegenden Gesteine unterschiedlicher Magnetisierung. Solche Streifen gibt es auch auf der Erde, und zwar beiderseits der von den mittelozeanischen Rücken weg drängenden Krustengesteine. Hier steigen Magmen aus dem Erdinnern auf, in denen sich magnetische Minerale nach dem über geologische Zeiträume wechselnden Magnetfeld orientieren. Beim Erstarren »frieren« sie dessen Richtung ein.

Auf dem Mars sind die magnetischen Streifen mit den gleichen Strukturen verknüpft. So lassen die perlschnurartig angeordneten Vulkane der Tharsis-Region vermuten, dass hier eine tektonische Platte über einen ortsfesten Aufstieg flüssiger Gesteine aus dem Marsmantel wanderte. Sie wären somit genauso entstanden wie die Inseln von Hawaii. Das riesige Valles Marineris hingegen gleicht einem irdischen Riftsystem, einem tiefen Graben, der zwischen auseinander strebenden Platten entsteht. Die Marsschlucht folgt überdies einer durch die magnetischen Feldlinien nachgezeichneten Struktur.

ASTEROIDEN

Hayabusa in Schwierigkeiten

Bei der japanischen Asteroidensonde Hayabusa ist am 3. Oktober auch das zweite von drei so genannten Reaktionsrädern ausgefallen. Diese Kreisel dienen dazu, die Position des Satelliten zu stabilisieren. Jetzt hoffen die Ingenieure der Japanese Aerospace Exploration Agency (Jaxa), dies mit dem verbliebenen Gyroskop sowie mit Hilfe zweier Triebwerke zu bewerkstelligen.

Wie ein Sprecher der Raumfahrtbehörde mitteilte, ist die Mission derzeit nicht gefährdet – allerdings müsse Treibstoff gespart und der Flugplan womöglich abgeändert werden. Die Kartierung des Asteroiden Itokawa aus einer Entfernung von knapp sieben Kilometern sei aber ohnehin fast abgeschlossen.

Nach wie vor soll Hayabusa bis Dezember zweimal ein Projektil auf die Oberfläche des 600 Meter großen Brockens schießen und den dabei freigesetzten Staub einsammeln. Anschließend tritt sie mit den Proben ihren sechsmonatigen Rückflug zur Erde an.

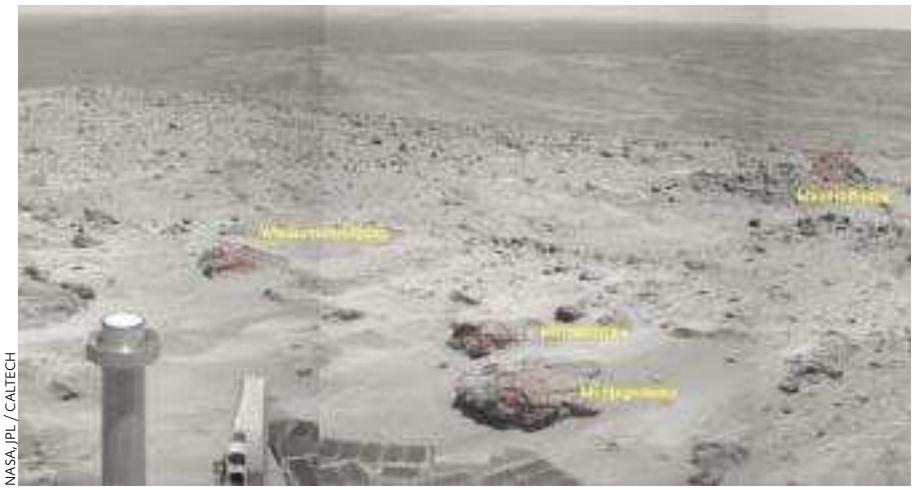
MARS II

Montagsdemo auf dem Roten Planeten

Montagsdemo, Maueröffnung, Nikolaikirche und Wiedervereinigung – denken Sie da auch immer spontan an den Mars? Vermutlich nicht. Doch zum Tag der Deutschen Einheit hat die Nasa einige Steine und Felsbrocken in der Marsregion um den Husband Hill auf diese Namen getauft.

Dort fährt zurzeit der Rover Spirit herum und die US-Weltraumfahrtbehörde benötigt immer wieder neue Bezeichnungen für die Felsen, Krater und Gesteinsformationen in der Umgebung, die das Fahrzeug fotografiert und untersucht. So waren andere Gegenden zuvor bereits zu Ehren des amerikanischen beziehungsweise französischen Nationalfeiertags auf Namen wie Constitution und Voltaire getauft worden.

Die Vorschläge stammen aus dem Team um Göstar Klingelhöfer von der Universität Mainz, das die Mössbauer-Spektrometer für die beiden Marsgefährte entwickelt hat.



NASA, JPL / CALTECH

Wiedervereinigung auf dem Mars: Bei der Benennung großer und kleiner Steine würdigte die Nasa die deutsche Geschichte.

RAUMFAHRT

Feuerlöschen mit Lärm

Kaum etwas fürchten Astronauten mehr als Feueralarm – zumal der Schaum aus Feuerlöschern in der Schwerelosigkeit kaum berechenbarer ist als die Flammen selbst. An der University of West Georgia in Carollton haben Forscher nun eine ganz neue Methode der Brandbekämpfung entwickelt: Sie wollen Feuer mit Schall löschen.

Zumindest im Labor ist ihnen das bereits gelungen. Mit einer Schallkanone konnten sie eine Kerze löschen. Um etwaige Störungen durch Luftströmungen zu verhindern, hatten die Wissenschaftler um Dmitriy Plaks die Kerze in einer Flasche aufgestellt.

Warum sich auf diese Weise eine Flamme löschen lässt, können die Forscher bisher nicht erklären. Womöglich kommt es infolge der Schallwelle zu einem Unterdruck und somit zu Sauerstoffarmut.

Wie die Forscher herausfanden, eignet sich Schall mit einem Schalldruck von 120 Dezibel und einer Frequenz von 15 bis 55 Hertz für das Feuerlöschen am besten. Ein solcher Knall hat eine tiefe Tonlage und die Lautstärke eines in rund hundert Meter Entfernung startenden Passagierflugzeugs.

Im nächsten Jahr soll das Verfahren im Rahmen eines Parabelflugs (AH 12 / 2004, S. 46) auch unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit getestet werden. Dmitriy hofft aber auch auf irdische Anwendungen – zur Vermeidung von Wasserschäden.

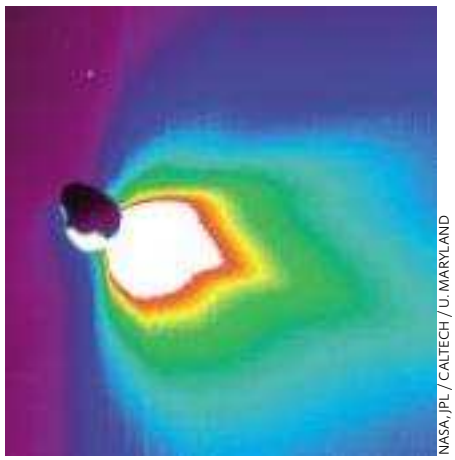
KOMETEN

Viel Staub um Tempel 1

Wird die Natur eines Kometen beschrieben, ist meist von einem »schmutzigen Schneeball« die Rede. Was Tempel 1 betrifft, dürfte dieses Bild jedoch falsch sein.

Nachdem die Nasasonde Deep Impact am 4. Juli ein 380 Kilogramm schweres Kupferprojektil auf den Himmelskörper schoss, hatte auch die Kometensonde Rosetta ihre Osiris-Kamera auf das spektakuläre Ereignis gerichtet. Das Instrument war am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau entwickelt worden und erlaubte Michael Küppers und seinen Mitarbeitern den Vergleich vor und nach dem Beschuss.

Die durch den Einschlag freigesetzte Staubwolke reflektierte Sonnenlicht. Aus der Zunahme der Helligkeit konnten die Forscher abschätzen, wie groß der Anteil von Eis- und Staubpartikeln war. Die Messungen ergaben, dass das Projektil nur rund 4500 Tonnen Wasser ins All geschleudert hat – und mindestens doppelt so viel Staub. Zudem fanden die Forscher heraus, dass in dem aufgewirbelten Material mehr Kohlenstoff und Stickstoff enthalten waren als auf der Oberfläche des Kometen. Sie schließen daraus, dass Tempel 1 in seinem Innern chemisch anders zusammengesetzt ist als an seiner Oberfläche.



NASA, JPL / CALTECH / U. MARYLAND

Nach dem Beschuss war Tempel 1 von einer Staubwolke umgeben. Das Falschfarbenbild zeigt den Kometen rund fünfzig Minuten danach.

KLIMAFORSCHUNG

Esa will neuen CryoSat bauen

ESA, STEPHANE CORVAJA

Nach dem Absturz des 136 Millionen Euro teuren CryoSat will die europäische Raumfahrtagentur Esa einen neuen Klimaforschungssatelliten bauen. Wie Jocelyne Landeau vom Esoc in Darmstadt mitteilte, könnten dafür zwar keine weiteren Mittel bereitgestellt werden, der Nachbau sei aber durch interne Umschichtungen finanzierbar. Volker Liebig, Chef der Esa-Abteilung Earth Observation, ließ wissen, dass die Kosten weit unter denen des gescheiterten ersten Versuchs lägen. Der Start von CryoSat 2 könne in drei Jahren erfolgen.

Der Klimaforschungssatellit war am 8. Oktober, einige Minuten nach dem Start vom russischen Raumfahrtzentrum Plesetsk, abgestürzt, weil sich die zweite Stufe der Rockot-Rakete nicht abgetrennt hatte. Die Auswertung der Telemetriedaten ergab, dass die zweite Stufe bis zum Zeitpunkt der geplanten Abschaltung des Haupttriebwerks einwandfrei lief. Das Ausbleiben eines Befehls des Flugkontrollsystems hatte jedoch zur Folge, dass das Haupttriebwerk bis zur Erschöpfung der Treibstoffvorräte angeschaltet blieb.

Infolgedessen konnte die Trennung zwischen der zweiten und der dritten Stufe nicht erfolgen und Letztere nicht gezündet werden. Die Rakete stürzte daraufhin in dem vorausberechneten Gebiet nördlich von Grönland unweit des Nordpols ins Meer. Besiedelte Gebiete waren bei dem Absturz nicht gefährdet.

CryoSat sollte mit seinem Radarsystem drei Jahre lang zentimetergenau die Dicke des polaren Eises messen und Aufschlüsse über seine Bedeutung für das globale Klima liefern. Die Daten hätten geholfen, Klimamodelle zu verbessern.

Der Start der 29 Meter langen Rakete verlief perfekt. Doch wenig später stürzte CryoSat ins Meer.

Mitarbeiterin dieser Rubrik:

Carolin Konermann

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auch unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

RAUMFAHRT SPEZIAL

Im Labor

ALLE FOTOS DIESER DOPPELSEITE: AH, CAROLIN KONERMANN

Freitagmorgen, 23. September 2005: Fünf junge AH-Leser sind auf dem Weg zum Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln-Porz. Katrin Zenker und Elaine Pawlas (beide 17), Angelika Klein und Katja Reichert (beide 16) sowie Martin Eppler (18) hatten Glück: Sie haben sich nach unserem Aufruf im Dezemberheft 2004 dafür beworben, am School_Lab teilzunehmen, dem Schülerlabor des DLR. Nun dürfen sie einen Tag lang Weltraumforschung hautnah erleben.

Ein straffes Programm erwartet die fünf Jungastronomen, die aus Cottbus sowie verschiedenen Teilen Baden-Württembergs angereist sind: Unter Anleitung des School_Lab-Leiters Richard Bräucker und seiner Kollegen Kai Christophers, Robert Orzech und Jan Bechert werden sie Experimente durchführen, die die Grundlagen für aktuelle Wissenschaftsfragen bilden.

Schon beim Einführungsvortrag wird klar, dass die Schüler dem Anspruch gewachsen sind: Die Nachfragen Bräuckers beantworten sie mit Leichtigkeit – sei es zu den speziellen Eigenschaften von Stickstoff oder wofür Astronauten Zentrifugaltraining brauchen. Kein Wunder, haben hier doch fünf echte Experten das Rennen gemacht: Elaine und Katrin engagieren sich an ihrer Schule im Astroclub spAce. Amateurfunkerin Angelika teilt die Begeisterung ihres Vaters für Astronomie, Katja mag vor allem Raumfahrt und hat in der Schule Physik- und Mathe-AGs belegt. Und Martin bereitet sich aufs Abitur vor, in dem für den naturwissenschaftlich interessierten Schüler Physik die Hauptrolle spielen wird.

Schockfrosten mit Stickstoff

Nachdem sie erfahren haben, dass Kometen weit draußen in den kältesten Regionen des Sonnensystems entstehen und deren Schweif bis zu zehn Millionen Kilometer Länge erreichen kann, wird es ernst: Die Schüler begleiten Christophers vor die Halle. Dort sollen sie mit ihm einen Kometen künstlich erzeugen. Martin bekommt Anweisung, eine tiefschwarze Flüssigkeit in einen Apparat einzufüllen. Fein zerstäubt sprüht dieser die wässrige Lösung in einen Kühlcontainer, in dem sie augenblicklich gefriert.

Flüssiger Stickstoff dampft aus dem Container, wallt über den Boden und umhüllt bald die Füße der Teilnehmer. Würde nicht die Sonne vom Himmel strahlen, die Gruselatmosphäre wäre perfekt. Stattdessen experimentieren die Schüler, durch große Brillen geschützt, mit dem eiskalten, verflüssigten Stickstoff. Sie untersuchen, wie sich ein Zweig mit grünen Blättchen darin schockfrosten lässt, balancieren vorsichtig ein glashart gefrorenes Zellstofftuch in den Händen und lassen es dann krachend zerkrümeln.

Inzwischen ist genügend Kometenmasse fertig und jeder will das feinkörnige, bröselige Eis einmal befühlen. In der Halle füllen Martin und Angelika das Material in eine Vakuumkammer, ein abgeschlossenes Rohr, in dem eine starke Lichtquelle das Material von oben bescheint (Fotos oben).

Da es etwas länger dauert, bis der Komet unter der Bestrahlung der künstlichen Sonne einen Schweif zu entwickeln beginnt, nutzen wir die Gelegenheit zu einem Abstecher ins Raumfahrtnutzerzentrum, wo ein lebensgroßes Modell von Rosettas Kometenlander Philae zu bewundern ist.

Anschließend führen die fünf weitere Experimente durch. Angelika und Martin untersuchen, wie Pantoffeltierchen sich die Schwerkraft zu Nutze machen. Warum die Gravitationsbiologie der Einzeller in einem Raumfahrtlabor eine Rolle spielt, ist Angelika auf Anhieb klar: »Die Schwerkraft wirkt ja auch auf die Zellen der Raumfahrer. Also muss man wissen, wie sie diese beeinflusst.«

Startklar Katja, Katrin, Elaine, Angelika und Martin (von links) würden am liebsten gleich ins Forscherleben einsteigen. Beim Experimentieren mit den Pantoffeltierchen kann Katrin ihr Können schon einmal unter Beweis stellen (rechtes Bild).

Hausgemachter Komet Eisiger Stickstoff wabert um die Apparatur, in der geschwärztes Wasser zu einem Kometen gefriert (links). Im Vakuumrohr soll dieser mit Hilfe eines Scheinwerfers ausgasen – ganz wie ein echter Schweifstern (Mitte und rechts).

Katja, Elaine und Katrin beschäftigen sich währenddessen mit freiem Fall. Sie begleiten Versuchsleiter Bechert mit einer Waage zum Aufzug, um zu testen, ob sie beim Hoch- oder beim Runterfahren mehr wiegen. Danach beobachten sie Feuer und Wasser im Minifallturm. »Wir haben geschaut, wie sich eine Kerzenflamme in der Schwerelosigkeit verhält«, berichtet Katja hinterher. »Die Flamme wird ganz rund und blau und ist kaum noch zu sehen.« Ihre Beobachtungen führt sie darauf zurück, dass sich der Sauerstoff im freien Fall anders im Raum verteile.

Bevor sie zum nächsten Experiment weiterziehen, werfen Angelika und Martin schnell noch einen Blick auf den Kometen. »Cool, da spritzt ja schon richtig was weg!«, begeistert sich Martin. Winzige Krümel sprühen in Schwaden aus dem schwarzen Eis. Allerdings stehen die beiden nun vor einem Rätsel: Warum wohl gast der Komet zur Lichtquelle hin aus – wo sie doch eben gehört haben, dass ein Kometenschweif immer von der Sonne wegdeutet?

Als die anderen drei auch die Pantoffeltierchen untersuchen, löchert Katrin den Versuchsleiter mit detaillierten Fragen. Warum lassen sich einige Versuchsergebnisse zwar auf weiße, nicht aber auf rote Blutkörperchen übertragen? Orzech muss schließlich passen, und auch Bräucker, der hinzugekommen ist, kann Katrins Neugier nicht befriedigen. »Diese Frage stellen sich die Wissenschaftler gerade«, bestätigt er ihr. »Wir wollen auch wissen, wie die Zellen genau funktionieren – aber so weit sind wir noch nicht.«

Nach dem Mittag geht es für die drei Mädchen zur Station »Werkstoffkennwerte«. Sie erfahren, worauf Flugzeugbauer achten müssen, wenn sie die Materialien für die Flügel auswählen, und welche Eigenschaften diese haben müssen. Sie vergleichen Härten und Wärmeleitfähigkeiten und erfahren, dass Aluminiumoxid fast so hart wie Diamant ist.

Über den Experimenten ist die Zeit zu schnell vergangen, die Abschlussbesprechung wird in Kurzfassung abgehalten. Den inzwischen schon ein wenig erschöpften Schülern kann das die Begeisterung nicht nehmen: Nur zu gerne hätten sie noch weiter experimentiert. Vor allem Katrin ist kaum wegzubringen. Ihr brennen noch viele Fragen unter den Nägeln, die sie Bräucker und den jungen Wissenschaftlern stellen und mit ihnen diskutieren möchte. Auch Martin löst sich nur schwer. Er hat beim Rundgang einen Versuchsaufbau zu Brennstoffzellen entdeckt, den er am liebsten noch ausprobieren würde.

Ein bisschen Forscherstimmung

Welches Experiment am besten war? Darüber herrscht geteilte Meinung. Elaine mochte die Pantoffeltierchen: Es sei interessant gewesen, denen zuzugucken. Katrin stimmt ihr zu, die Einzeller haben auch ihr besonders gut gefallen. Katjas Favorit war die Schwerkraftstation. »Das hatte am meisten mit Raumfahrt zu tun«, begründet sie.

Angelika will gar keine Prioritäten setzen. »Ich fand alles toll – Naturwissenschaften interessieren mich eben«, sagt sie. Ihr Teamkollege sieht das ähnlich: »Die Atmosphäre hat mir gefallen.« Trotz ihres Vorwissens haben alle an dem Tag viel Neues erfahren. Und das, bringt Martin auf den Punkt, war das Beste daran: An diesem Tag im School_Lab haben die fünf Schüler »so ein bisschen Forscherstimmung« erlebt.

Nach diesem Erfolg überlegt AH, auch zu den School_Labs der anderen DLR-Standorte junge Leser einzuladen.

>> Carolin Konermann

VdS

Vereinigung der Sternfreunde e.V.

Deutschlands größter Astronomieverein!

★ Über 4000 Mitglieder!
★ Mitgliederzeitschrift „VdS-Journal für Astronomie“, 3x pro Jahr mit mehr als 420 Seiten praktischer Astronomie
★ Kostenlose Beratung und Betreuung von Mitgliedern
★ 20 Fachgruppen, die Sie beraten
★ VdS-Sternwarte Kirchheim e.V.
★ Jugendlager und Exkursionen
★ Rabatte bei Abonnements für „Sterne und Weltraum“ und „Astronomie Heute“
★ Aktuelle Informationen auf unserer Website: www.vds-astro.de
★ Jahresbeitrag nur 30,- EUR, 20.-EUR ermässigter Beitrag

Werden Sie Mitglied!

Fordern Sie kostenloses Infomaterial an:

Vereinigung der Sternfreunde e.V.
Geschäftsstelle · Am Tonwerk 6
D-64646 Heppenheim
Fax: 0 62 52 / 78 72 20
info@vds-astro.de

www.vds-astro.de

Das Jahrzehnt der Braunen Zwerge

Sie sind klein, dunkel und deshalb schwer zu finden. Schon lange wussten Forscher, dass es zwischen den großen Planeten und den kleinen Sternen ein »Missing Link« gibt.

>> Gibor Basri

Vor gut zehn Jahren spürten Forscher endlich ein Objekt auf, das weder massearmer Stern noch massereicher Planet ist. Niemandem war es bis dahin gelungen einen Himmelskörper nachzuweisen, dessen Masse genau in diesem Bereich lag – obwohl es überhaupt keinen Grund gibt, warum die Natur darauf hätte verzichten sollen.

Theorien über die Beschaffenheit solcher »Braunen Zwerge« gab es bereits in den 1960er Jahren. Und schon damals war klar, dass sie schwer zu finden sein würden. Denn Himmelskörper mit weniger als 75 Jupitermassen sind schlicht zu leicht, um in ihrem Innern ein stabiles, lang anhaltendes Fusionsfeuer zu entfachen. Nur in der Zeit nach ihrer Entstehung, während der Kontraktionsphase, würden sie Wasserstoff fusionieren. Dieses Anfangsbrennen, so ergaben die Modelle, komme jedoch schon nach wenigen Millionen Jahren zum Erliegen. Dann baute sich ein innerer Druck auf, der die Kontraktion bremst und das Fusionsfeuer erlöschen lässt. Bei Planeten mit weniger als 13 Jupitermassen ist selbst das Anfangsbrennen nicht möglich, weswegen diese eindeutig zu den Planeten gezählt werden (AH 11/2005, S. 36). Weil die Leuchtkraft Brauner Zwerge mit zunehmendem Alter also rasch abnimmt, konzentrierten sich die Astronomen bei ihrer Suche auf junge, nah gelegene Objekte.

Im Jahr 1994 zahlten sich die Mühen dann endlich aus. Damals hatte meine Arbeitsgruppe in den Plejaden ein Objekt entdeckt, dessen Spektrum auf die Anwesenheit von Lithium hinwies – ein Element, das bei der Kernfusion in Sternen zerstört wird. Der Himmelskörper – er wurde PPl 15 genannt – konnte also kein Stern sein. Zunächst stießen wir auf Skepsis, doch dann fanden Rafael Rebolo und Eduardo Martín vom Instituto de Astrofísica de Canarias auf Teneriffa (IAC) nur ein Jahr später ebenfalls zwei Himmelskörper mit hohem Lithiumgehalt.

Unterdessen hatten Wissenschaftler der Johns Hopkins University in Baltimore und des California Institute of Technology in Pasadena in der Umgebung des Roten Zwergsterns Gliese 229 ein Objekt entdeckt, das zu schwach leuchtete, um ein Stern zu sein. Bald konnte die Arbeitsgruppe bestätigen, dass die beiden Himmelskörper ein gemeinsames System bilden. Die Forscher hatten in seinem Spektrum sogar Me- >

Zu klein um Feuer zu fangen: Braune Zwerge sind das rätselhafte Bindeglied zwischen Sternen und Planeten. Lange hat man nach ihnen gesucht, im Jahr 1994 wurde der erste von ihnen entdeckt.

ILLUSTRATION: S&STEVEN A. SIMPSON

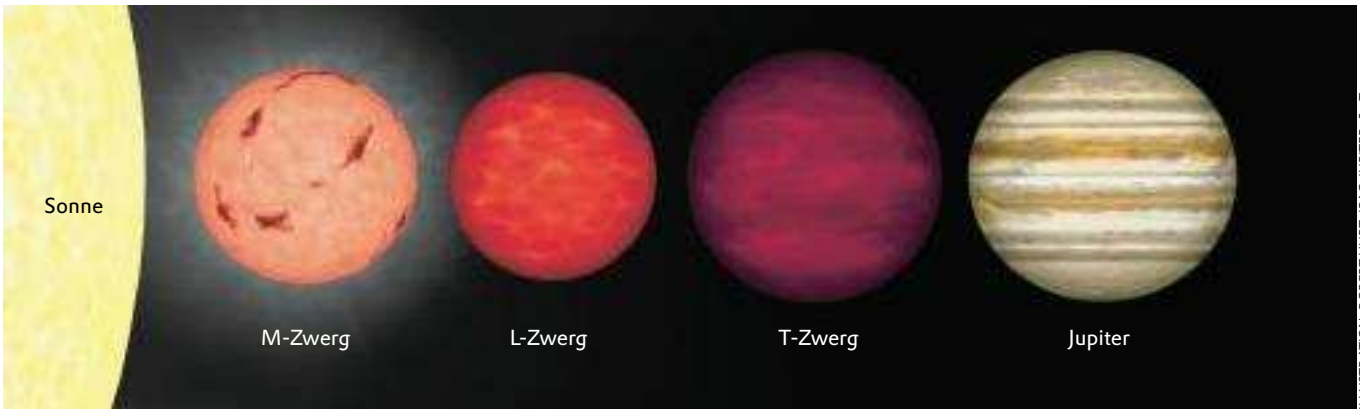


ILLUSTRATION: ROBERT HURT, IPAC; JUPITER: S & T

> than nachgewiesen, das auf Riesenplaneten häufig ist, auf Sternen jedoch nicht existieren kann. 1995 wurde Gliese 229b, der Begleiter von Gliese 229, als erster unstrittiger Brauner Zwerg bejubelt.

Die Spektren, mit deren Hilfe Astronomen einen Stern klassifizieren, sind von der Temperatur der äußeren Hülle, der Photosphäre, abhängig. Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die damals bekannten Sternspektren in verschiedene Klassen eingeteilt. Die kühlsten Sterne gehörten zur M-Klasse; ihre Spektren sind von den Absorptionslinien der Schwermetalloxide dominiert, insbesondere von Titanoxid.

Der Grund hierfür liegt nicht darin, dass Titan in kleinen Sternen häufig vorkommt – es ist, ganz im Gegenteil, ein seltenes Element –, sondern darin, dass Titanoxid-Moleküle im optischen Bereich sehr viele charakteristische Absorptionslinien erzeugen.

Jede Spektralklasse wird zudem in zehn Unterklassen unterteilt, die man von null bis neun durchnummeriert, wobei null der höchsten Temperatur entspricht. In den 1990er Jahren entdeckten die Astronomen jedoch Sterne, die kälter als M9-Sterne sind. Überdies unterschieden sich deren Spektren stark von denen der M-Sterne.

Oh Be A Fine Girl

Wenig später schlugen Forscher deshalb die neue Spektralklasse L vor. Mit ihr wollten sie sternähnliche Objekte mit einer Oberflächentemperatur zwischen 2200 und 1400 Kelvin erfassen. Die heißen Unterklassen (also ab L0, L1 et cetera) entsprechen sowohl Braunen als auch Roten Zwergen – den leichtesten bekannten Sternen also. Irgendwo bei L4 oder L5 liegt die Grenze zum substellaren Bereich, und alle kälteren L-Unterklassen bis hin zu L9 bezeichnen ausschließlich Braune Zwerge.

Braune Zwerge sind kleiner als Jupiter, aber mindestens 75-mal so massereich wie der Gasriese.

Dass Sterne nach ihrer Temperatur klassifiziert werden, hat seinen Grund: Sternatmosphären bestehen nämlich aus einem Gemisch von Elektronen und positiv geladenen Ionen, dem Plasma. Moleküle und erst recht Feststoffe können nur in kühleren Sternen existieren. Sobald die Oberflächentemperatur jedoch unter 2200 Kelvin fällt, bilden sich winzige Körner jener Stoffe mit den höchsten Verdampfungstemperaturen – darunter auch Schwermetalle. Dieser Staub führt dazu, dass die Konzentration von Titanoxid und anderen Oxiden in der Sternatmosphäre abnimmt und ihre Absorptionslinien folglich aus dem Spektrum verschwinden.

L-Zwerge sind so kühl, dass sie fast ausschließlich im Infrarotbereich strahlen, wo die meisten ihrer spektralen Merkmale von Wasser und Kohlenmonoxid zeugen. Unterhalb von 1400 Kelvin wandelt sich Kohlenmonoxid jedoch in Methan um. Dies bewirkt eine gewaltige Veränderung im Infrarotspektrum – weshalb Davy Kirkpatrick vom Caltech eine zusätzliche Spektralklasse erfand:

ESO

In der Atacamawüste suchen Forscher mit dem New Technology Telescope der europäischen Südsternwarte (Eso) …

ESO

… nach Braunen Zwergen
Im Infrarotlicht zeigten sich bei einigen von ihnen um das Trapez im Orionnebel (siehe S. 44) warme Scheiben aus Gas und Staub (Kreise).

die T-Zwerge. Die alte Eselsbrücke »Oh Be A Fine Girl (oder Guy), Kiss Me«, mit der sich schon Studenten die Abfolge der Spektralklassen merkten, erweiterte sich nun um »Lovingly Tonight«. Auch Gliese 229b war solch ein T-Zwerg.

Die Staubentstehung in der Umgebung kühler Sterne erschwert ihre spektroskopische Erforschung, sie wirft aber auch interessante Fragen zu den Atmosphären von L-Zwergen auf, etwa: Ist der Staub um Braune Zwerge gleichmäßig verteilt oder bildet er Wolken? Manche Forscher sind der Ansicht, gleichmäßig verteilter Staub müsse einem Braunen Zwerg ein homogenes Aussehen verleihen – ähnlich wie es beim Mars der Fall ist, wenn auf dessen Oberfläche ein globaler Sandsturm tobt. Dies wiederum würde zu einem verschwommenen optischen Spektrum führen. In der Tat sind räumliche Strukturen auf Braunen Zwergen nicht direkt auflösbar, doch ihre Spektren sind alles andere als verschwommen.

Zwerge im Doppelpack

Heiße Gebiete und Rotation sind Phänomene, die eng mit magnetischen Feldern verknüpft sind – auch bei Braunen Zwergen. Sterne drehen sich schnell, aber ihre Rotationsenergie geht im Lauf der Zeit verloren, weil sie Winde geladener Partikel ausstoßen. Die Winde verwickeln sich mit den magnetischen Feldlinien und wirken wie eine Torsionsfeder, die den Stern allmählich abbremst. Dieser Prozess richtet sich in gewisser Hinsicht gegen sich selbst, denn Magnetfelder von Sternen oder Braunen Zwergen entstehen durch dynamoelektrische Effekte – die nur so lange stattfinden, wie die Rotation anhält. Wenn sich ein Stern schnell dreht, wird der Dynamo angekurbelt und der Stern ist magnetisch sehr aktiv: Er zeigt häufige Ausbrüche und ist mit Flecken übersät. Nach etwa einer Milliarde Jahren beginnt sich die Rotation zu verlangsamen und die Aktivität des Sterns nimmt ab.

Die Entdeckung, dass sich Braune Zwerge sehr rasch um sich selbst drehen, führte Forscher zu der Annahme, dass sie auch magnetisch sehr aktiv sind. Überraschenderweise zeigte sich aber genau das Gegenteil – außer in ihrem heißen Jugendstadium. Heute gehen die meisten Astronomen davon aus, dass die Magnetfelder von Braunen Zwergen so lange nicht mit der Atmosphäre wechselwirken können, bis diese sich abgekühlt hat und das Plasma in ihr neutralisiert ist. Auf diese Weise wird die Entstehung von geladenen Winden verhindert und die Braunen Zwerge rotieren bis ins hohe Alter mit beträchtlicher Geschwindigkeit.

Eine ganz andere Frage betrifft die Häufigkeit Brauner Zwerge. Astronomen sagen ja oft, dass zwei Sterne in Wahrheit drei sind – und spielen damit darauf an, dass sich Sterne nach einiger Beobachtung häufig als Doppelsterne entpuppen. Gilt Ähnliches auch für Braune Zwerge? Wie oft bilden ein Stern und ein Brauner Zwerg ein Doppelsystem?

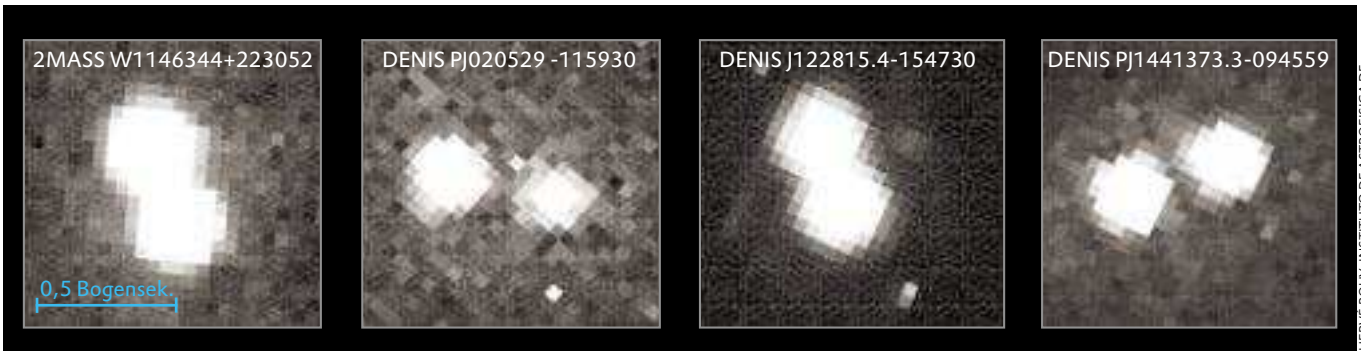
Bei der anfänglichen Fahndung nach Braunen Zwergen bestand eine der Strategien darin, nach schwach leuchtenden Begleitern von hellen Sternen zu fahnden, wobei man sich unter anderem der Radialgeschwindigkeiten-Methode (AH 11/2004, S. 16) bediente. Doch dies stellte sich als nicht besonders erfolgreich heraus. Kurioserweise fanden die Astronomen während ihrer Suche nach stellaren Begleitern wesentlich mehr Planeten als Braune Zwerge, obwohl Letztere viel schwerer sind und sich in einem Doppelsystem folglich auch viel stärker bemerkbar machen.

Auch die optische Untersuchung von nahen Sternen brachte kaum Erfolge. Jene Stichprobe, die Gliese 229b zu Tage förderte, umfasste mehrere hundert Sterne und Gliese 229b war der einzige Braune Zwerg, der bei ihrer Überprüfung identifiziert werden konnte. Der Umstand, dass sich so wenig Doppelsysteme mit Braunen Zwergen ausmachen ließen, führte zu dem Begriff der »Braune-Zwerge-Wüste«.

Durchbruch dank Hubble

Die Radialgeschwindigkeiten-Methode eignet sich vor allem für den Nachweis stellarer Begleiter in engen Orbits. Allerdings gibt es nur wenige Braune Zwerge, die sonnenähnliche Sterne in sehr kleinen Abständen umrunden. Forscher hatten bei ihrer Suche mehr Erfolg, wenn sie sich auf größere Regionen in der Umgebung massearmer Sterne konzentrierten. Offensichtlich spielt also das Massenverhältnis zwischen dem Stern und seinem Begleiter eine Rolle. Im Fall eines Doppelsystems von Stern und Braunem Zwerg beträgt dies weniger als zehn zu eins.

Bei den extrasolaren Planeten ist das Massenverhältnis zu ihren Sternen natürlich riesig – und dennoch kommen sie >



HERVÉ BOUY, INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS (IAC.ES)

Auch Braune Zwerge kommen häufig paarweise vor. Diese Bilder des Hubble Space Telescope zeigen vier Paare, deren Abstände kleiner sind als eine Bogensekunde. Bald können Forscher mit solchen Bildern die Massen bestimmen.

> im Kosmos häufig vor. Das deutet darauf hin, dass Riesenplaneten zumeist auf andere Weise entstehen als Braune Zwerge, die um Sterne kreisen.

Vor wenigen Jahren hatten Astronomen dann erstmals die Möglichkeit, mit Hilfe des Hubble-Weltraumteleskops nach Doppelsystemen aus zwei Braunen Zwergen zu suchen. Und siehe da – der Erfolg stellte sich ein. Zusammen mit Wolfgang Brandner vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg (MPIA) fand unsere Arbeitsgruppe das erste derartige Doppelsystem – und zwar nachdem wir gerade einmal drei L-Zwerge untersucht hatten. Heute ist klar, dass etwa ein Fünftel aller L-Zwerge von einem Braunen Zwerg begleitet werden – und darin sind noch nicht jene Doppelsysteme eingeschlossen, die so eng umeinander kreisen, dass sie von Hubble nicht aufgelöst werden können.

Tot geborene Sterne?

So wie es derzeit aussieht, scheint es kein Braunes Zwergpaar zu geben, bei dem der Abstand der Partner mehr als zehn Astronomische Einheiten (AE) beträgt – obwohl der mittlere Abstand in Doppelsternsystemen bei vierzig AE liegt, was etwa der Entfernung zwischen der Sonne und Pluto entspricht. Braune Zwerge bilden also typischerweise kleinere Systeme als Doppelsterne.

Wie wir sahen, entstehen Braune Zwerge offensichtlich auf andere Weise als Planeten. Ähnelt ihre Entwicklung der von Sternen oder beschreiten sie ganz eigene Wege? Wenn sie sich zunächst wie Sterne entwickeln, dann sollten sie in ihren Jugendstadien wie verkleinerte Versionen von Protosternen (den T-Tauri-Sternen) aussehen. Um sie herum sollten also gas- und staubreiche Akkretionsscheiben zu finden sein. Weiterhin sollten die Akkretionsscheiben über ähnliche Zeiträume hinweg bestehen bleiben, wie dies bei Protosternen der Fall ist.

Es gibt zahlreiche Indizien dafür, dass dem tatsächlich so ist: Die Frühentwicklung von Braunen Zwergen und Sternen scheint sich kaum zu unterscheiden. Das ist vielleicht nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass die anfängliche Kontraktion der protostellaren Gas- und Staubwolke ja »noch nicht wissen kann«, ob sie später in einen Stern oder einen Braunen Zwerg mündet. Aus dieser Sicht werden Braune Zwerge hauptsächlich deshalb keine echten Sterne, weil sie aus sehr kleinen interstellaren Wolken hervorgehen.

Die Forscher diskutieren aber auch noch eine andere Möglichkeit, der zufolge Braune Zwerge »tot geborene« Sterne sind. Sie starten zunächst genauso wie ihre stellaren Kollegen, werden dann jedoch in ihrer Entwicklung aufgehalten, bevor sie genügend Masse ansammeln können, um ein stabiles, langlebiges Fusionsfeuer zu zünden. So etwas kann vor allem dann passieren, wenn ein Brauner Zwerg als Teil einer kleinen Sterngruppe mit drei bis sechs Mitgliedern entsteht.

Ein durch die gegenseitige Schwerkraft gebundenes Mehrkörpersystem neigt nämlich zu instabilen Umlaufbahnen, und seine Mitglieder tauschen untereinander ständig Bewegungsenergie aus. Das kleinste Objekt läuft die größte Gefahr, irgendwann aus der Gruppe herauskatapultiert zu werden. Erfolgt das zu einem frühen Zeitpunkt der Sternentwicklung, verliert das Objekt den Kontakt zu den umgebenden Gas- und Staubwolken und kann nicht genügend Masse anreichern. Diese Ausstoßhypothese erscheint zwar elegant, jedoch sprechen zwei Beobachtungsbefunde gegen sie. Erstens sammeln Braune Zwerge offensichtlich über Jahrmillionen hinweg beträchtliche Materiemengen an, vielleicht weil sie kleine Akkretionsscheiben behalten, auch nachdem sie einen stellaren Verband verlassen haben. Zweitens werden Doppelsysteme viel seltener aus Sterngruppen herausgeschleudert als einzelne Protosterne. Zudem liegt, wie gesagt, ein beträchtlicher Anteil der Braunen Zwerge in Form von Doppelsystemen vor.

Objekte im Zwischenbereich

Auf der anderen Seite spricht der kleine mittlere Abstand von Braunen Zwergpaaren (siehe oben) wiederum dafür, dass sie einst aus stellaren Verbänden hinausgeworfen wurden.

Braune Zwerge, so viel wissen wir heute, füllen die Lücke zwischen Sternen und Planeten in vielerlei Hinsicht. Nicht nur, dass ihre Massen unterhalb derer von Sternen und oberhalb derer von Planeten liegen – auch ihre atmosphärischen Temperaturen bewegen sich im Zwischenbereich, genauso wie ihre Chemie, ihr Magnetismus oder die Mechanismen ihrer atmosphärischen Wolkenbildung. Überdies können wir aus der Untersuchung von Braunen Zwergen auf zahlreiche Phänomene schließen, die wir von extrasolaren Riesenplaneten erwarten.

Es ist erstaunlich, wie weit wir in nur zehn Jahren gekommen sind. Wesentliche Fragen warten aber noch immer auf eine Antwort. So ist die Entstehungsweise der Braunen Zwerge nach wie vor nicht geklärt. Auch die Einzelheiten über die atmosphärischen oder magnetischen Eigenschaften sind strittig. Immerhin: Die Zahl der Arbeiten zu diesen Themen steigt und steigt und steigt. <<

Gibor Basri ist Professor für Astronomie an der University of California in Berkeley. Im Rahmen der Kepler-Mission der Nasa wird er sich der Suche nach extrasolaren Planeten widmen.

Einstein auf dem Prüfstand

Astronomische Beobachtungen könnten schon bald auf Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie stoßen.

>> Amanda Gefter

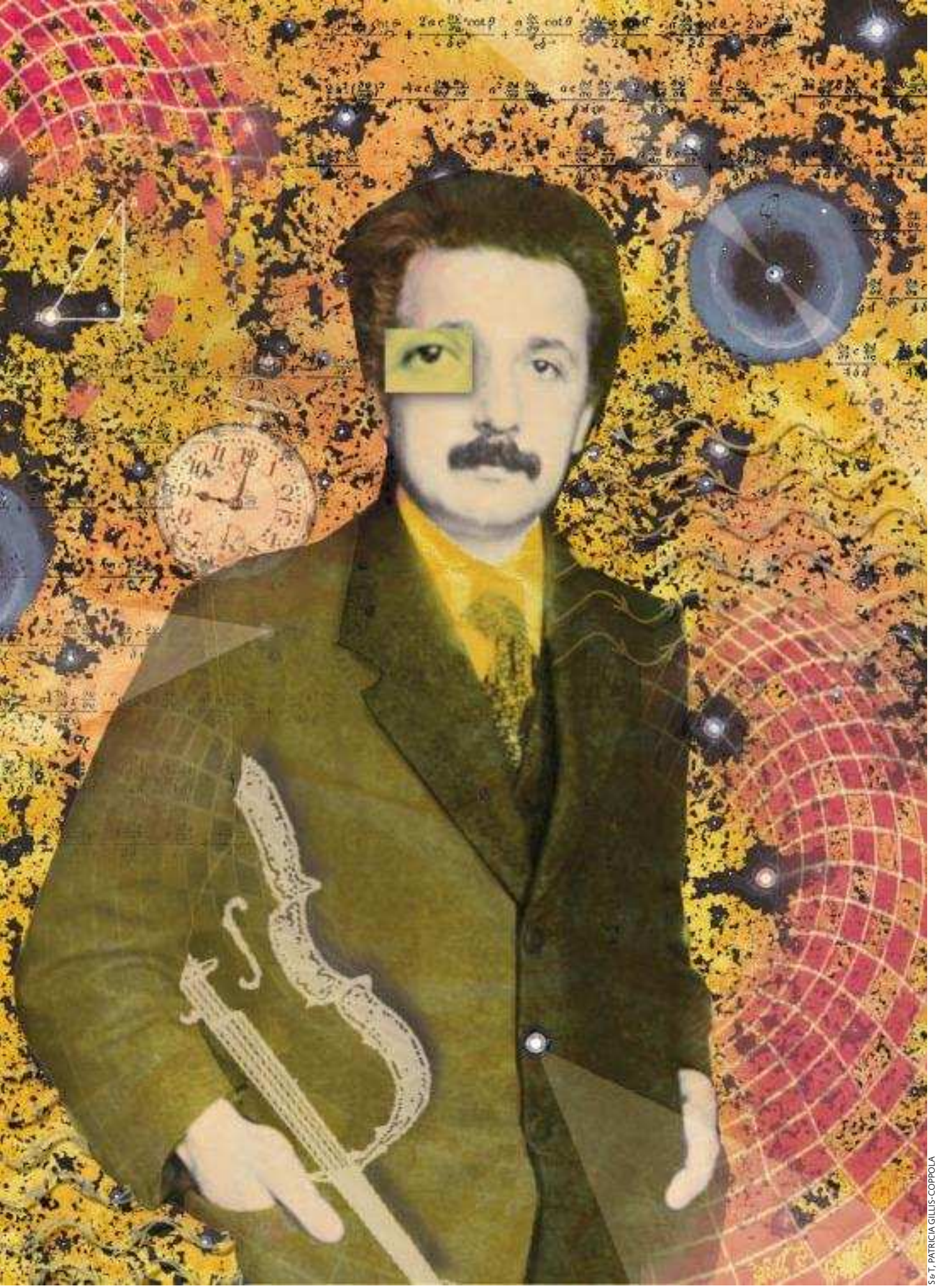
Es war das Jahr 1919, als sich zwei Gruppen britischer Wissenschaftler auf Forschungsreise begaben, eine nach Brasilien, eine auf die ostatlantische Insel Principe. Ihr Ziel: Die Bestätigung oder Widerlegung von Albert Einsteins neuem Weltbild. Eine Sonnenfinsternis ermöglichte es den Astronomen zu prüfen, ob das Licht ferner Sterne abgelenkt wird, wenn es an der Sonne vorbeiläuft – so wie es Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie vorhersagt. Als die Messergebnisse vorlagen und sich herausstellte, dass Einstein Recht gehabt hatte, tobte die Presse: Ein einzelner Mann hatte das Universum entschlüsselt.

Einstein war ein intellektueller Rebell. Als erster Wissenschaftler postulierte er, dass die drei Dimensionen des Raums zusammen mit dem, was wir Zeit nennen, nur schattenhafte Abbildungen einer tieferen Realität seien – nämlich einer vereinigten vierdimensionalen Raumzeit. Masse und Energie, so seine Theorie, erzeugen Wölbungen in der Raumzeit, die uns als Gravitation erscheinen. Fallende Äpfel und kreisende Monde werden nicht von anderen Körpern angezogen, sie rutschen lediglich Abhänge des Raumzeitkontinuums hinunter. Was für uns wie eine Kraft aussieht, ist nach Einstein nur Geometrie – die sich freilich unserer unmittelbaren Erfahrung entzieht.

Obwohl die Allgemeine Relativitätstheorie einen Grundpfeiler der Physik darstellt, ist sie bei Weitem nicht so gut belegt wie andere große Wissenschaftstheorien. Mit einer Genauigkeit von nur dreißig Prozent kann man die Ergebnisse der Sonnenfinsternis von 1919 kaum als ausreichende experimentelle Bestätigung ansehen. Auch die anderen Indizien, zum Beispiel die Periheldrehung des Merkurs (AH 5/2005, S. 18), der Erfolg der GPS-Technik oder Messungen mit der Nasa-Sonde Cassini während ihrer Bedeckung durch die Sonne (AH 9/2005, S. 54), sind nur unzureichend. Für die Quantenmechanik hingegen, den zweiten Grundpfeiler der modernen Physik, liegen weitaus bessere experimentelle Bestätigungen vor. Sie beschreibt die Wechselwirkungen von Materie und Energie auf subatomaren Skalen mit außergewöhnlicher Genauigkeit.

Allgemeine Relativitätstheorie und Quantenmechanik liegen in einem fundamentalen Konflikt miteinander. Während die Relativitätstheorie Kräfte geometrisch beschreibt, betrachtet die Quantenmechanik sie als Folge des Austauschs von Teilchen, den Feldquanten. Beide Ansätze beschreiben das Universum also auf verschiedene Weise. Dieser Gegensatz tritt besonders dann zu Tage, wenn die Forscher starke Gravitationswirkun- >

Einsteins Arbeiten ermöglichten ein völlig neues Verständnis von Raum, Zeit oder Gravitation. Heute glauben die meisten Physiker jedoch, dass seine Theorien nicht vollständig sind.



S&T, PATRICIA GILLIS-COPPOLA

> gen auf kleinen Längenskalen untersuchen, etwa beim Urknall oder bei Schwarzen Löchern. Die Physiker suchen deshalb nach einer noch fundamentaleren Theorie – einer Quantentheorie der Gravitation, die Allgemeine Relativitätstheorie und Quantenmechanik in sich vereint. Ein viel versprechender Kandidat dafür ist die String-Theorie, die freilich experimentell noch nicht getestet wurde. Sie beschreibt die Elementarteilchen als winzige Energiefäden, die in einer elfdimensionalen Raumzeit vibrieren.

Der einzige Weg, zu einem umfassenden Verständnis des Kosmos zu gelangen, besteht derzeit darin, die Allgemeine Relativitätstheorie möglichst genau zu überprüfen. Selbst die kleinste Abweichung davon würde den Wissenschaftlern helfen herauszufinden, welche Quantengravitationstheorien funktionieren könnten und welche nicht. Ein solcher Fortschritt könnte ein neues goldenes Zeitalter der Physik einläuten. Deshalb versuchen Physiker heute die Grenzen des Einstein'schen Universums mit zahlreichen neuen Experimenten auszuloten. Astronomische Beobachtungen spielen dabei eine bedeutende Rolle.

Zielscheibe Mond

Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie könnten sich zum Beispiel bei extrem genauen Messungen der Entfernung zwischen Erde und Mond zeigen. Die Astronauten der Apollo-Missionen 11, 14 und 15 sowie zwei sowjetische Lunochod-Fahrzeuge hinterließen zu diesem Zweck Spiegel auf dem Mond. Später zielten Astronomen von vielen irdischen Sternwarten aus mit Laserstrahlen auf diese Reflektoren. Aus der Zeit, die die Strahlen zum Mond und zurück benötigen, können die Forscher die Entfernung des Erdtrabanten mit einer Genauigkeit von weniger als zwei Zentimetern bestimmen. Die damit erzielten Messergebnisse stehen mit der Allgemeinen Relativitätstheorie ziemlich gut in Einklang: Sie bestätigen ihre Vorhersagen auf die vierte Stelle hinterm Komma genau. Außerdem belegen sie, dass sich der Mond infolge der Gezeitenreibung um rund drei Zentimeter pro Jahr von der Erde entfernt (AH 10/2005, S. 66).

Durch den Einsatz neuer Technologien können Mondabstandsmessungen die Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie sogar auf die fünfte Stelle hinterm Komma genau prüfen, behaupten die Wissenschaftler Tom Murphy von der University of California in San Diego und Eric Adelberger von der University of Washington in Seattle. Zusammen mit ihren Forschergruppen haben sie das 3,5-Meter-Teleskop des Astrophysical Research Consortiums in New Mexico mit einem Laser und weiterem Zubehör ausgestattet. Damit wollen sie gegen Ende des Jahres 2005 ein neues Experiment beginnen, das den Namen Apollo (Apache Point Observatory Lunar Laser-ranging Operation) trägt. »Mit unserem Versuch können wir den Mondabstand millimetergenau messen und feststellen, ob die Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie dann immer noch zutreffen«, erklärt Murphy.

Apollo soll das Äquivalenzprinzip prüfen. Dieses bildet die Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie und besagt, dass alle Objekte im Schwerefeld gleich schnell fallen, unabhängig von ihrer Zusammensetzung. »Erde und Mond befinden sich im freien Fall um die Sonne«, sagt Murphy. »Erfahren beide die gleiche Beschleunigung oder fällt die Erde schneller als ihr Trabant?« Wäre die Beschleunigung für die zwei Himmelskörper verschieden, dann sollte der Erde-Mond-Abstand bei Voll- und Neumond leicht von den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie abweichen.

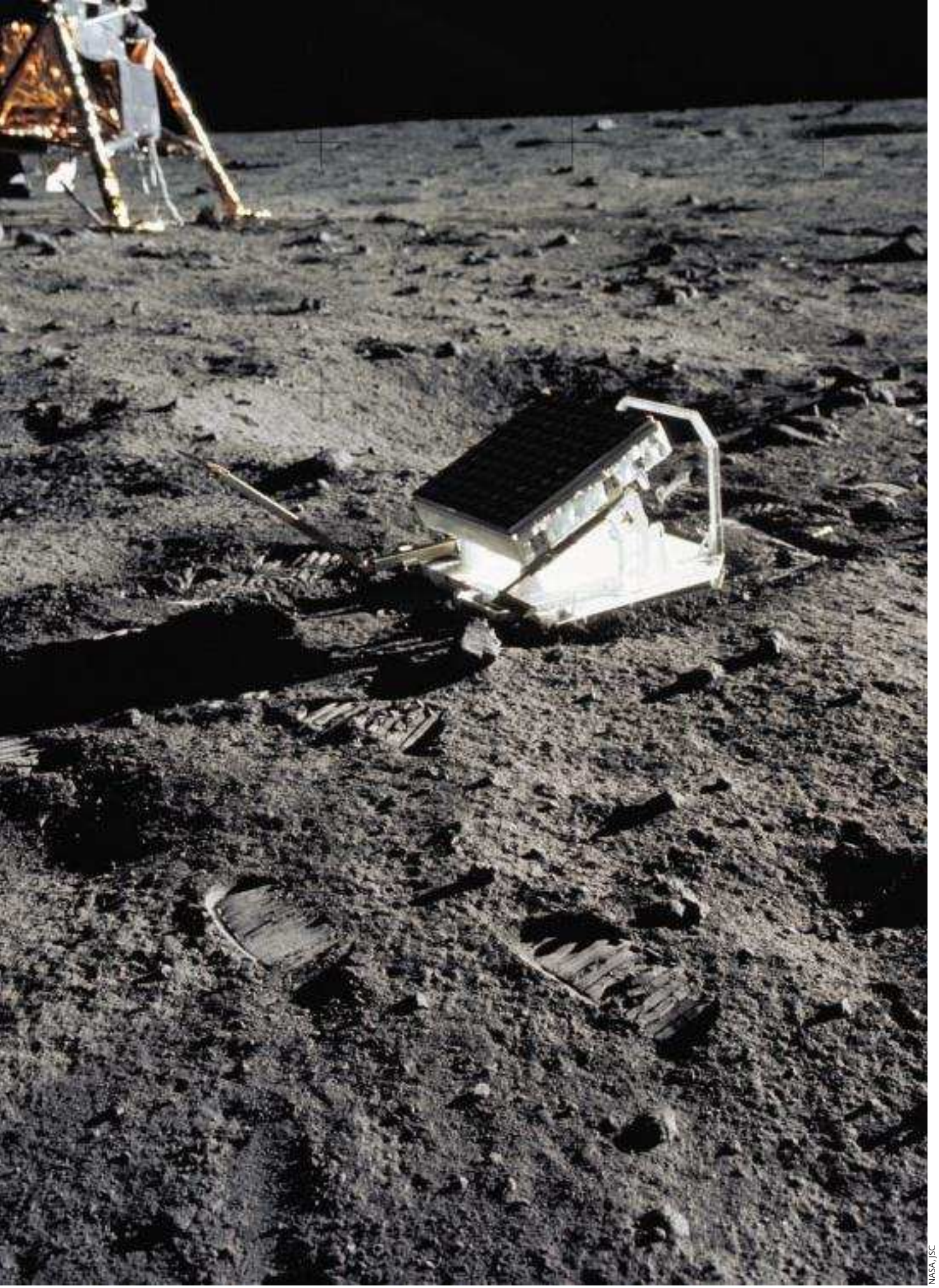
Über die Messung der Mondentfernung lässt sich auch erkennen, ob die Extradimensionen der String-Theorie größer sind als von den meisten Physikern angenommen. Die Schwerkraft unserer vierdimensionalen Welt könnte sich in diese zusätzlichen, versteckten Dimensionen hinein erstrecken. Wäre das der Fall, so sollte Apollo eine wachsende Verzögerung zwischen den Zeitpunkten feststellen, zu denen sich der Mond am erdfernsten und erdnächsten Punkt seiner elliptischen Bahn befindet. Anders ausgedrückt, die Mondbahn wiese dann eine Präzession auf, die um mehrere Mikrobogensekunden pro Jahr größer wäre, als es die Allgemeine Relativitätstheorie vorhersagt.

»Ich glaube, dass die Relativitätstheorie auch diesen Test besteht«, sagt Murphy, »aber allein die Möglichkeit, dass wir auf etwas Interessantes stoßen könnten, ist schon aufregend. Niemand glaubt heute, dass mit Einsteins Theorie das >

Die Apollo-11-Astronauten

ließen im Jahr 1969 diesen kleinen Reflektor auf dem Mond zurück (rechts). Er enthält Spiegel, die wie die Ecken eines Würfels geformt sind. Ähnlich den Rückstrahlern eines Fahrrads reflektieren sie die Photonen in die Richtung, aus der sie gekommen sind. Astronomen nutzen solche Mondreflektoren seit Jahrzehnten zur Entfernungsmessung, indem sie Laserstrahlen darauf abfeuern. Das kleine Bild zeigt, wie ein Laserstrahl vom 0,76-Meter-Reflektor des McDonald Observatory ausgeht, wo viele solcher Experimente durchgeführt wurden. Der Strahl zeigt auf einen Punkt östlich des Oriongürtels.

TOM MURPHY, U. WASHINGTON



NASA, JSC

BOB KAHN, GP-B, STANFORD U. / NASA

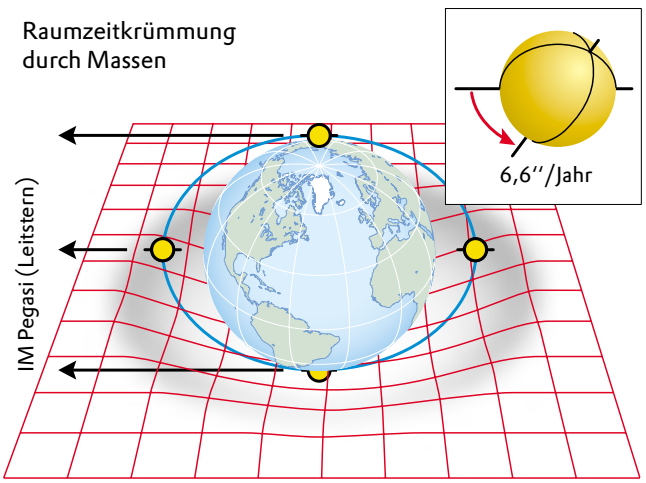
> letzte Wort zum Thema Schwerkraft gesprochen wurde. Ich will keineswegs den Niedergang der Relativitätstheorie heraufbeschwören, denn sie ist sehr schön. Trotzdem finde ich die Vorstellung spannend, dass unsere Messungen die Physik revolutionieren könnten.«

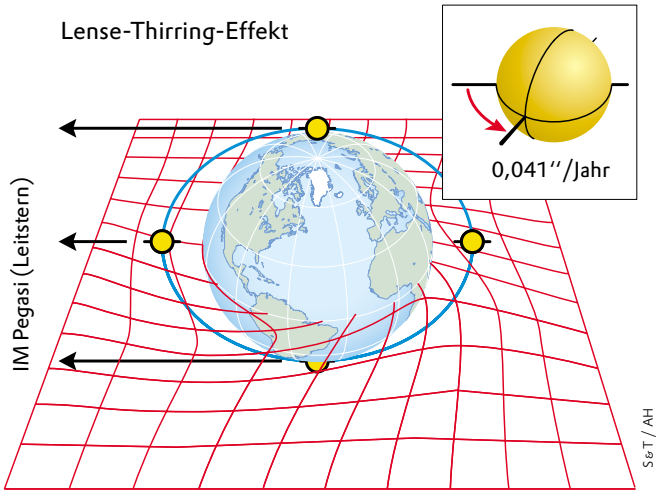
Wirbelnde Golfbälle

Der Satellit Gravity Probe B (GP-B), der seit über einem Jahr um die Erde kreist, soll zwei wichtige Vorhersagen der Relativitätstheorie überprüfen. Die erste besagt, dass die Masse der Erde die umgebende Raumzeit krümmt – wie ein Stein, der auf einer weichen Oberfläche liegt und diese eindrückt. Die zweite Vorhersage postuliert, dass die rotierende Erde die umgebende Raumzeit mitzieht, etwa so wie eine sich drehende Kugel in einer Schüssel mit Sirup – der so genannte Lense-Thirring-Effekt.

Nach mehr als vierzig Jahren Vorbereitung startete der Satellit, den die Nasa und die Stanford University gemeinsam entwickelten, am 20. April 2004 ins All. »Er ist außergewöhnlich raffiniert und zugleich außerordentlich einfach«, sagt Francis Everitt von der Stanford University. GP-B enthält vier im Vakuum schwebende, rotierende Gyroskope. Diese Rotoren von der Größe eines Golfballs drehen sich derart schnell, dass sie 25 Millionen Mal lagestabiler sind als die besten Gyroskope in irdischen Kreiselkompassen. Sie kommen der idealen Ku-

Der GP-B-Satellit (oben) umkreist die Erde auf einer polaren Umlaufbahn in 642 Kilometer Höhe. Er hat vier Präzisionsgyroskope an Bord. Die Krümmung der Raumzeit in der Umgebung massereicher Objekte (unten links) sollte eine bestimmte Taumelbewegung dieser Gyroskope verursachen: Ihre Rotationsachse sollte sich um 6,6 Bogensekunden pro Jahr zusätzlich zu den klassischen Effekten verschieben. Das Lense-Thirring-Effekt (unten) sollte eine weitere Taumelbewegung bewirken, nämlich 0,041 Bogensekunden pro Jahr in der Ebene der Erdrotation.





S&T / AH

ALLE 3 FOTOS: RUSS LEESE, GP-B, STANFORD U.

gelgestalt näher als jedes andere bisher von Menschenhand geschaffene Objekt.

Ein optisches Teleskop an Bord von GP-B ist auf IM Pegasi gerichtet, einen Stern 6. Größe im Pegasus, der als Leitgestirn dient. In Bezug auf diesen Referenzpunkt können die Wissenschaftler jede Änderung der Rotationsachsen der Gyroskope messen. Der Satellit ist in der Lage, Abweichungen festzustellen, die geringer sind als 0,5 Millibogensekunden – das entspricht der Dicke eines menschlichen Haars, betrachtet aus dreißig Kilometer Entfernung. GP-B begann mit seinen Messungen im August 2004 und schloss sie am 15. August 2005 ab, knapp drei Wochen bevor der Vorrat an superflüssigem Helium aufgebraucht war, der zur Kühlung des Experiments benötigt wurde. Everitt und sein Forscherteam wollen die Ergebnisse des Versuchs Mitte 2006 veröffentlichen.

Viele Wissenschaftler bezweifelten, dass Gravity Probe B seine 700 Millionen Dollar wert sei. Immer wieder drohte die Streichung des Projekts. Die Messungen der Mondentfernung und an der Cassini-Sonde hatten die Raumkrümmung ja bereits mit vergleichbarer Genauigkeit überprüft. Zudem hatten Mondexperimente und Röntgenbeobachtungen zur Bewegung heißen Gases um Schwarze Löcher (AH 10/2005, S. 14) indirekte Beweise für den Lense-Thirring-Effekt geliefert. Obendrein bemerkte eine Kommission der amerikanischen National Academy of Sciences 1995: »Sollte das GP-B-Experiment … Ergebnisse liefern, die von den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie abweichen, würde die wissenschaftliche Gemeinschaft diese sicherlich nicht akzeptieren, bevor eine zweite Mission die Messungen bestätigt hat.« Die Kommission hatte dabei die technische Komplexität der Mission im Blick.

Im Oktober 2004 nahmen die Forscher Ignazio Ciufolini (Università di Lecce, Italien) und Erricos Pavlis (University of Maryland) der GP-B-Mission dann auch noch den Wind aus den Segeln, indem sie behaupteten, den Lense-Thirring-Effekt direkt nachgewiesen zu haben. Wissenschaftler aus aller Welt vermaßen mehr als zehn Jahre lang die Bahn der Satelliten Lageos und Lageos-2 millimetergenau mit Laserpulsen. Ciufolini und Pavlis waren nun darangegangen, die insgesamt etwa 40 Millionen Messungen auszuwerten. Sie hatten herausgefunden, dass die Knoten der Satellitenbahnen sich infolge des Lense-Thirring-Effekts jährlich um zwei Meter verschieben – das stimmt bis auf ein Prozent genau mit den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie überein.

Allerdings lag der Fehler dieser Untersuchung bei fünf bis zehn Prozent. >

Die Instrumente von GP-B

wurden auf minus 271,4 Grad Celsius gekühlt. Um Verunreinigungen zu vermeiden, bauten die Techniker sie in einem speziellen Reinraum zusammen (oben links). Die vier Gyroskope der Sonde (ganz oben) enthalten golfballgroße Rotoren aus Quarz, die mit Niob beschichtet sind. Blähte man die Rotoren auf Erdgröße auf, so wären ihre größten Unebenheiten nur 2,4 Meter hoch. Die Rotationsachsen der Gyroskope wurden zu Beginn des Experiments auf den Stern IM Pegasi ausgerichtet, sie sollten sich im Lauf der Zeit infolge allgemeinrelativistischer Effekte verschieben. Oben zu sehen ist ein 14-Zentimeter-Cassegrain-Teleskop, das fast identisch ist mit jenem, mit dem Gravity Probe B IM Pegasi anpeilte.

> Das GP-B-Team rechnet bei seinem Experiment hingegen mit einem Fehler von nur einem Prozent – und diese Genauigkeit ist nötig, um etwaige Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie zu erkennen. Die Theorie sagt voraus, dass die Krümmung der Raumzeit die Rotationsachsen der Gyroskope um 6,6 Bogensekunden pro Jahr verändert. Der Einfluss des Lense-Thirring-Effekts ist wesentlich kleiner: 0,041 Bogensekunden pro Jahr.

Das ideale Labor

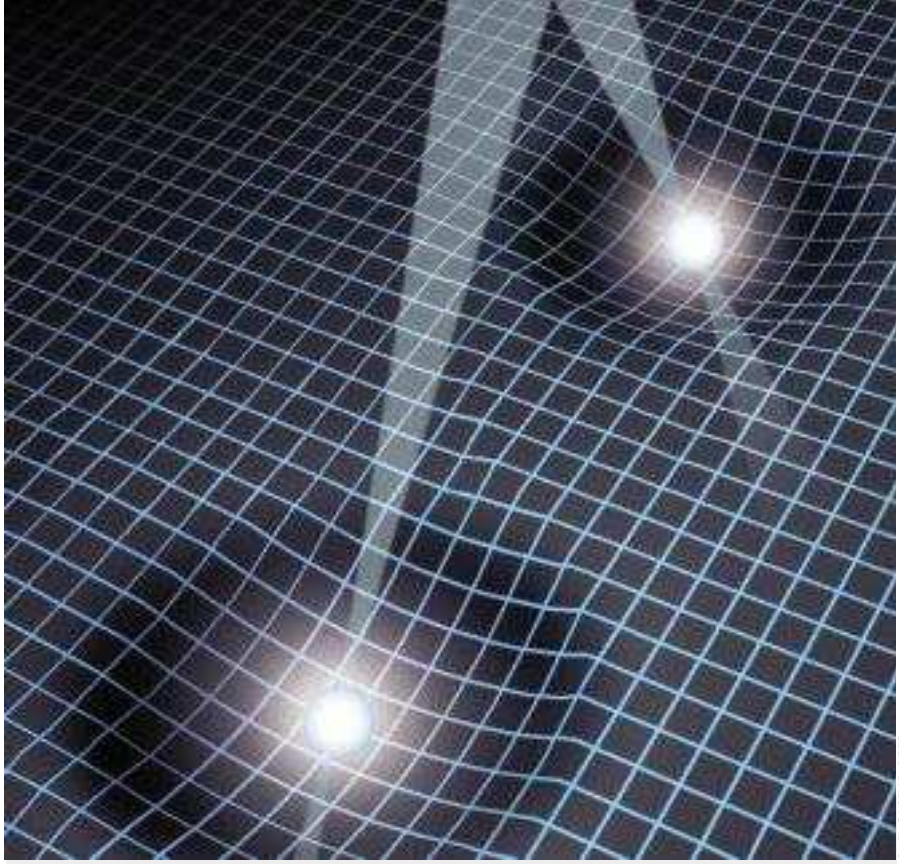
Nach Einsteins Theorie erzeugen extreme Beschleunigungen massereicher Objekte – verschmelzende Schwarze Löcher, sich umkreisende Neutronensterne, Supernovae – Wellen im Gewebe der Raumzeit. Joseph Taylor, heute an der Princeton University im US-Bundesstaat New Jersey, und Russell Hulse, heute am Princeton Plasma Physics Laboratory, fanden 1974 einen indirekten Beweis für die Existenz solcher Gravitationswellen. Die beiden Forscher entdeckten einen Doppelpulsar, zwei rotierende Neutronensterne also, die sich mit einer Periode von nur 7,75 Stunden umkreisen. Nachfolgende Beobachtungen von Taylor und Joel Weisberg vom Carleton College zeigten, dass sich die Umlaufbahnen der Neutronensterne in präziser Übereinstimmung mit den Vorhersagen der Relativitätstheorie ändern: Sie strahlen Gravitationswellen ab und verlieren dadurch Energie, wodurch sie sich immer enger und schneller umeinander bewegen. 1993 erhielten Taylor und Hulse für ihre Entdeckung den Physiknobelpreis.

Das perfekte Testlabor für die Allgemeine Relativitätstheorie ist jedoch der 2003 entdeckte Doppelpulsar J0737-3039 im Sternbild Großer Hund. Die beiden Neutronensterne sind nur 800 000 Kilometer voneinander entfernt, kaum mehr als die doppelte Erde-Mond-Distanz, und umkreisen einander in nur 2,4 Stunden. Es ist der kleinste Abstand unter allen acht bisher bekannten Doppelpulsaren. »Dieses enge System sollte uns erlauben, bislang unbeobachtete relativistische Phänomene zu sehen«, erklärt die Physikerin Vicky Kalogera von der Northwestern University (USA).

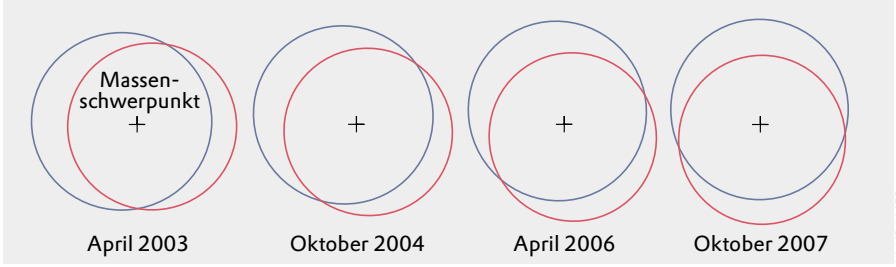
In der Tat konnte das internationale Forscherteam, das J0737-3039 entdeckte, bereits vier allgemeinrelativistische Effekte nachweisen (siehe unten) und fand Hinweise auf einen fünften: den Einfluss der Raumkrümmung. Der Doppelpulsar ermöglicht den bislang genauesten Test der Allgemeinen Relativitätstheorie im Bereich starker Gravitationsfelder. »Dort könnte es deutliche Abweichungen von der Theorie geben, deshalb sind unsere Pulsarbeobachtungen sehr wichtig«, sagt Teammitglied Michael Kramer von der University of Manchester in England.

Als Erstes haben die Astronomen die Bewegung des Periastrons beobachtet, des Punkts, an dem sich die beiden Pulsare auf ihren Bahnen am nächsten sind. Seine jährliche Wanderung um 16,88 Grad ist die größte je gemessene: Sie beträgt das 140 000fache der relativistischen Periheldrehung des Merkurs und ist viermal größer als die Periastron-Bewegung des Taylor-Hulse-Doppelpulsars.

Die zweite Beobachtung betrifft eine noch seltsamere Vorhersage von Einsteins Theorie: Uhren in starken Gravitationsfeldern gehen aus der Perspektive eines weit entfernten Beobachters langsamer. Da Pulsare unglaublich genaue Taktgeber sind, konnten Kramer und sei-

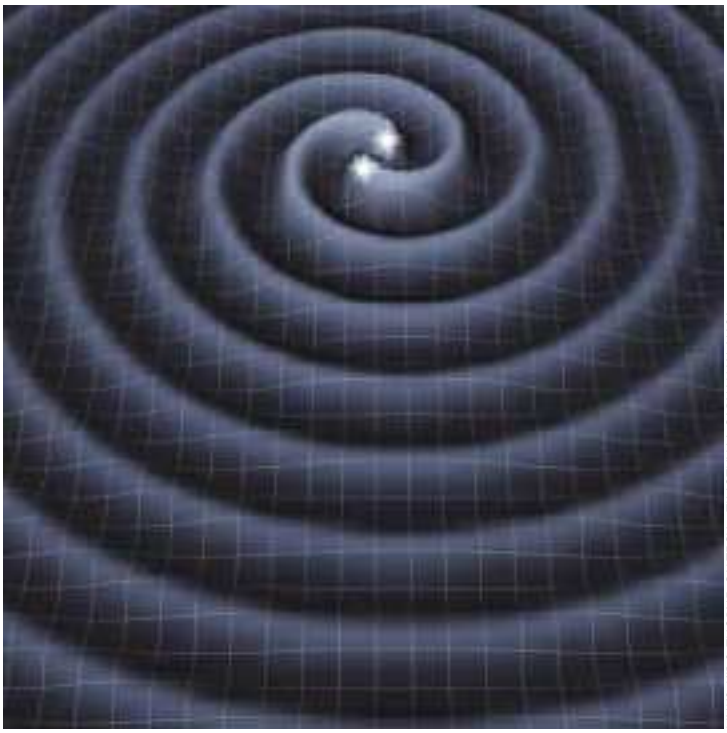


S & T, CASEY B. REED

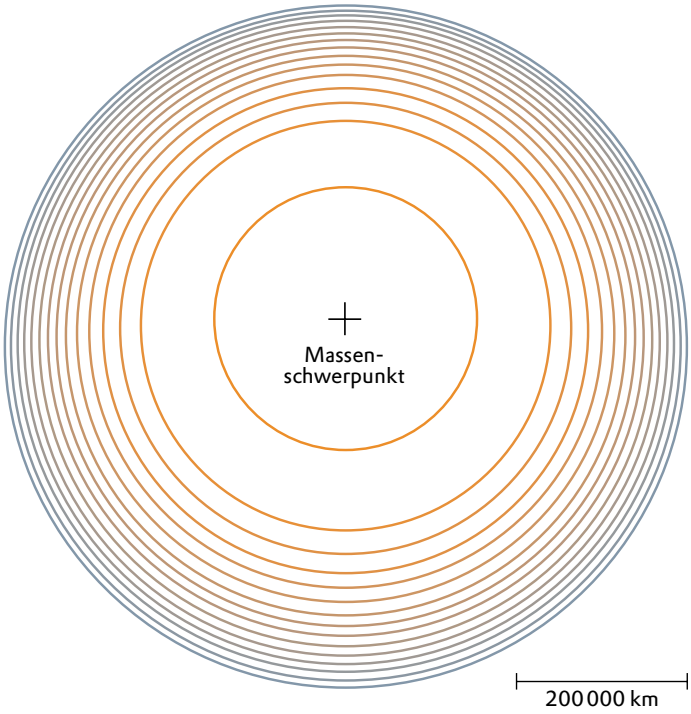


M. KRAMER

Der Doppelpulsar J0737-3039 ist für die Wissenschaftler ein äußerst interessantes Forschungsobjekt. Die Umlaufbahnen seiner Partner verändern ihre Lage wegen der ausgeprägten Raumzeitkrümmung ungewöhnlich stark, nämlich um 16,88 Grad pro Jahr. Eine vollständige Drehung der Umlaufbahnen um den gemeinsamen Massenschwerpunkt der beiden Pulsare dauert nur 21,3 Jahre.



LINKS: KIP S. THORNE, CALTECH & TIMOTHY M. CARNAHAN, NASA; RECHTS: M. KRAMER; UNTEN: S & T, CASEY B. REED



ne Kollegen diesen Effekt bei J0737-3039 nachweisen. Nähern sich die Pulsare einander, dann verlangsamt sich aus unserer Sicht bei ihnen die Zeit. Dies bewirkt eine Verlängerung ihrer Tageslänge: Beim schneller rotierenden Pulsar nimmt sie um 0,38 Millisekunden zu. Physiker haben diesen Effekt auch schon woanders beobachtet, jedoch in viel geringerer Ausprägung: Atomuhren auf der Erde gehen langsamer als solche an Bord von Flugzeugen.

Als Drittes zeigt der Doppelpulsar die Shapiro-Verzögerung, die nach dem Astrophysiker Irwin Shapiro von der Harvard University benannt ist. Wenn einer der Pulsare hinter dem anderen vorüberzieht, muss sich das von ihm ausgestrahlte Licht durch die Krümmung der Raumzeit hindurch bewegen, die von der Masse des Partnersterns verursacht wird (Grafik oben). Es muss also einen längeren Weg zurücklegen, was zu einer nachweisbaren Verzögerung um 90 Mikrosekunden führt.

Die vierte Beobachtung belegt, dass der Doppelpulsar Energie durch das Abstrahlen von Gravitationswellen verliert. Ähnlich wie beim Taylor-Hulse-System verringert sich auch bei J0737-3039 der Abstand der Pulsare, und zwar um sieben Millimeter pro Tag.

In der Hoffnung, Gravitationswellen direkt nachzuweisen, haben die Forscher irdische Detektoren wie Ligo in den USA oder Geo 600 bei Hannover gebaut. Allerdings rechnen einige Wissenschaftler bei diesen Detektoren – unter Berücksichtigung seismischer Erschütterungen und anderer irdischer Störungen – lediglich mit einem Wellennachweis alle 10 bis 100 Jahre. Viele setzen ihre Erwartungen daher eher in Lisa (Laser Interferometer Space Antenna), eine gemeinsame Mission von Esa und Nasa, die in fünf bis zehn Jahren starten und vom Weltall aus nach niederfrequenten Gravitationswellen fahnden soll.

Die Entdeckung von J0737-3039 deutet jedoch darauf hin, dass enge Doppelpulsare häufiger vorkommen als bisher vermutet. »Damit erhöht sich die Chance, dass Ligo irgendwann Gravitationswellen nachweist, um das 5,5- bis 7fache«, >

Die Gravitationswellen, die der Doppelpulsar J0737-3039 aussendet (ganz oben links), transportieren Energie. Dadurch verlieren die beiden Pulsare an Impuls und nähern sich einander an. In etwa 85 Millionen Jahren werden sie verschmelzen. Das Diagramm ganz oben rechts zeigt die Bahnänderung von Pulsar A in Schritten von fünf Millionen Jahren. Gegenwärtig nähern sich die Partner pro Tag um sieben Millimeter, im Lauf der Zeit beschleunigt sich dies. Wenn einer der Pulsare von der Erde aus gesehen hinter dem anderen steht, muss sein Radiosignal die gekrümmte Raumzeit um seinen Partner passieren. Dies verlängert die Signallaufzeit um 90 Mikrosekunden (oben).

> sagt Kalogera. Demnach könnte der Detektor alle zwei bis drei Jahre Gravitationswellen aufspüren, die von verschmelzenden Neutronensternen oder Schwarzen Löchern stammen.

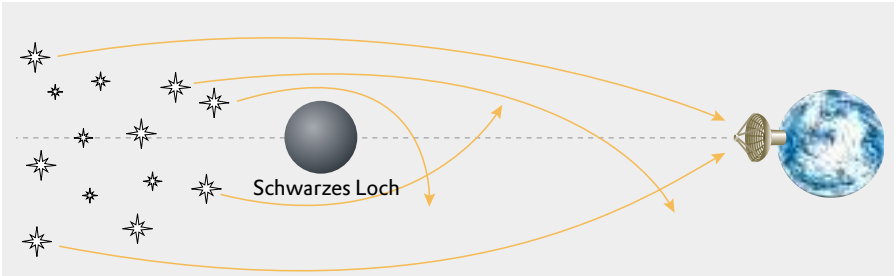
Am stärksten machen sich relativistische Effekte in der unmittelbaren Umgebung eines Schwarzen Lochs bemerkbar. Dort ist die Krümmung der Raumzeit so stark, dass ihr nicht einmal Licht zu entkommen vermag. In dieser Umgebung weicht die Einstein'sche Theorie von der Newton'schen am stärksten ab.

Die meisten Astronomen gehen davon aus, dass Schwarze Löcher existieren. Bislang gibt es jedoch keine Beobachtungen, die einen direkten Beweis dafür liefern. Sterne und Gaswolken, die sich mit extrem hoher Geschwindigkeit um galaktische Zentren bewegen, Lichtwellen, die durch Gravitation gedehnt wurden, Materiestrahlen, die mit scheinbarer Überlichtgeschwindigkeit aus Akkretionsscheiben herausschießen – all das sind überzeugende, aber indirekte Beweise. Die Forscher hoffen noch immer darauf, ein Schwarzes Loch irgendwann direkt zu »sehen«.

Schatten der Schwerkraft

Unglücklicherweise kann einem solchen Objekt kein Licht entweichen, daher besteht keine Möglichkeit, es im Wortsinn zu erblicken. Allerdings verrät es sich durch seinen Schatten: Wenn sich unmittelbar hinter einem Schwarzen Loch eine Gaswolke oder eine Gruppe von Sternen befindet, lässt es nur die Lichtstrahlen vorbei, die an seinem Rand – dem Ereignishorizont – vorübergehen. Diejenigen Strahlen aber, die das Loch direkt treffen, werden eingefangen. Ein ferner Beobachter sähe einen leuchtenden Ring, der ein völlig dunkles Gebiet umrahmt – den Schatten des Schwarzen Lochs. »So etwas zu erspähen wäre phänomenal«, sagt Fulvio Melia von der University of Arizona. »Es wäre der bei Weitem überzeugendste Beweis für die Existenz von Schwarzen Löchern. Der Schatten würde die Existenz eines abgeschlossenen Bereichs der Raumzeit bestätigen.«

Zudem böte er weitere Möglichkeiten, die Allgemeine Relativitätstheorie zu prüfen. Diese macht zum Beispiel sehr genaue Vorhersagen über die Beziehung zwischen der Größe des Schattens und der Masse des Schwarzen Lochs. Und wenn das Loch rotiert, zieht es mittels des Lense-Thirring-Effekts die Raumzeit der Umgebung mit sich – ähnlich wie bei der Erde, nur wesentlich stärker ausgeprägt. Dieser Effekt bewirkt eine deutliche Verformung des Schattens.



FULVIO MELIA, U. ARIZONA

FULVIO MELIA/ BENJAMIN C. BROMLEY/ SIMING LIU

Schwarze Löcher krümmen Lichtstrahlen in ihrer Nähe. Sie werfen Schatten mit Durchmessern zweieinhalbmal so groß wie sie selbst. Die Computersimulation (rechts) zeigt einen solchen Schatten, den ihn umgebenden hellen Ring und diffuse Radiostrahlung.

Um nach solchen Phänomenen zu suchen, entwickeln Astronomen des MIT und der University of California ein globales Netz aus Radioteleskopen, die bei Wellenlängen unterhalb von 1,5 Millimetern beobachten. Die bestehenden radioastronomischen Netze arbeiten mit größeren Wellenlängen, die für dieses Experiment ungeeignet sind, weil sie die Materie in der Umgebung Schwarzer Löcher nicht durchdringen können. Melia hofft, dass das geplante Netz in drei bis vier Jahren in Betrieb geht.

Zunächst möchten die Astronomen ihre Radioantennen auf das im Zentrum der Milchstraße vermutete, 3,7 Millionen Sonnenmassen enthaltende Schwarze Loch richten. Das zweite Ziel ist das Schwerkraftmonster im Kern von M87, einer elliptischen Riesengalaxie im Virgo-Haufen. Es besitzt die dreimilliardenfache Masse der Sonne. »Die Entdeckung eines Schattens stünde in Übereinstimmung mit der Relativitätstheorie, schlösse aber nicht die Möglichkeit aus, dass die Theorie in anderen extremen Bereichen verletzt ist«, sagt Melia. »Wenn wir aber keinen Schatten sehen, dann liegt der Grund möglicherweise darin, dass die Allgemeine Relativitätstheorie im Umfeld extrem starker Gravitation nicht mehr gilt, vielleicht weil die Lichtgeschwindigkeit unter solchen Bedingungen nicht konstant ist.«

Wäre Einstein von all diesen neuen Experimenten, mit denen seine Theorie überprüft werden soll, wohl beunruhigt? Wahrscheinlich nicht. Nachdem die Beobachtungen zur Sonnenfinsternis von 1919 seine Vorhersagen bestätigt hatten, wurde er gefragt, wie er sich gefühlt hätte, wenn seine Theorie widerlegt worden wäre. Er antwortete: »Mir täte der liebe Gott Leid. Die Theorie ist korrekt.«

Heute fällt es den Physikern schwer, Einsteins Zuversicht zu teilen. Sie sind sich sicher, dass die Allgemeine Relativitätstheorie nicht vollständig ist. »Jeder vernünftige Physiker sieht das so«, meint der Kosmologe Sean Carroll von der University of Chicago. »Sie steht in fundamentalem Widerspruch zur Quantenwelt, in der wir leben. Das Mindeste ist, dass wir eine Quantenversion der Allgemeinen Relativitätstheorie finden.«

Die Vielzahl der kosmologischen Rätsel, auf die die Astronomen stoßen, lässt allerdings erkennen, dass es um mehr geht. Nach den Beobachtungen besteht unser Kosmos zu siebzig Prozent aus einer mysteriösen Dunklen Energie und zu fünfundzwanzig Prozent aus Dunkler Materie. Möglicherweise fehlt uns ein wichtiges Element im Verständnis der Gravitation. Es könnte sein, dass die Allgemeine Relativitätstheorie eines Tages einem noch tiefer gehenden Verständnis des Kosmos weicht. <<

Amanda Gefter ist freie Wissenschaftsjournalistin. Sie studiert Philosophie und Geschichte der Naturwissenschaften an der London School of Economics.

Das Rätsel um Przybylskis Stern

Vor vierzig Jahren befasste sich ein Astronom zum ersten Mal mit einem seltsamen Stern im Südsternbild Kentaur. Birgt dieses Objekt die Lösung des Rätsels, woher die seltenen Elemente stammen?

>> Guy Worthey und Charles R. Cowley

Wohl jeder hat schon von den Sternen Sirius und Polaris (AH 9/2005, S. 30) gehört und weiß vielleicht sogar etwas über sie. Viele Gestirne haben ihre ganz eigene Historie: Beteigeuze wird bald zur Supernova und Delta Cephei ist einer der Prototypen von Veränderlichen (AH 11/2005, Kasten S. 46); doch manche dieser »himmlischen« Geschichten sind weniger bekannt.

Eine von ihnen rankt sich um einen unauffälligen Stern 8. Größe im Sternbild Kentaur. Wahrscheinlich haben Sie noch nie von Przybylskis Stern gehört, doch er trug wesentlich dazu bei, die modernen Theorien über die Evolution der Sterne und die Ursprünge vieler chemischer Elemente zu festigen.

Kein Stern wie jeder andere

Der Stern hat die Nummer 101065 im Henry Draper Catalogue – jener großen Zusammenstellung stellarer Spektren aus dem späten 19. und frühen 20. Jahrhundert – und wurde einst als Spektraltyp B5 klassifiziert. Das hieße, der Stern wäre viel heißer, jünger, massereicher und leuchtkräftiger als unsere Sonne. Astronomen diskutieren heute noch über den Typus dieses rätselhaften Objekts, doch sie sind sich einig, dass es kein B5-Stern ist.

Bis 1961 erregte HD 101065 nicht besonders viel Aufmerksamkeit; dann aber führte der in Polen geborene Astronom Antoni Przybylski eine Spektralanalyse durch und stellte etwas Ungewöhnliches fest: Bei niedriger spektraler Auflösung – wie sie beispielsweise für die stellare Klassifikation verwendet wird – scheinen dem Stern einige der üblichen Merkmale eines Spektrums zu fehlen. Er zeigt nämlich weder ausgeprägte Emissionslinien noch deutliche Anzeichen für Wasserstoff (Kasten S. 32). Und dieser Mangel an starken Absorptionsmerkmalen erschien Przybylski wirklich merkwürdig. Die dunklen Balmer-Linien des molekularen Wasserstoffs sind zwar sichtbar, aber nur schwach. Andere normale spektrale Merkmale sind ebenfalls nur sehr schwach oder fehlen sogar ganz.

Przybylski gelangte zu der Erkenntnis, dass der bei niedrigen Auflösungen sichtbare Mangel an Absorption in Wirklichkeit auf das Überlappen einer Unzahl von Absorptionslinien gewisser schwerer chemischer Elemente, der Seltenen Erden, zurückgeht.

Absorptionslinien entstehen in der Atmosphäre über der sichtbaren Oberfläche eines Sterns. Die Atome dort schlucken Lichtteilchen bestimmter Wellenlängen. Um welche es sich dabei genau handelt, hängt vom Aufbau der Elektronenschalen des jeweiligen Elements ab. Die Anzahl der Protonen im Kern eines Atoms definiert das Element (siehe Glossar AH 5/2004, S. 22). Normalerweise hat ein Atom die gleiche Anzahl an Elektronen und Protonen; werden aber ein oder mehrere Elektronen weggeschlagen, ist das Atom ionisiert, ein elektrisch positiv geladenes Ion.

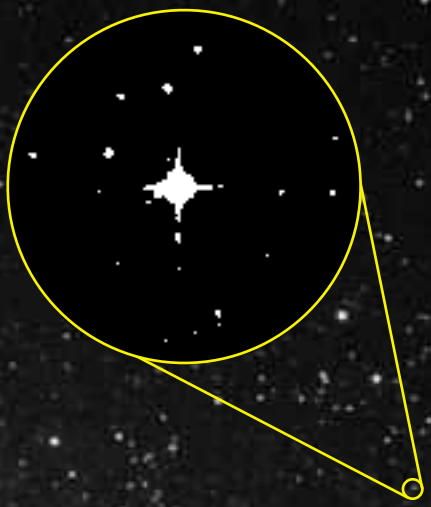
Einfache Atome wie Wasserstoff haben auch einfache Spektren mit wenigen Linien. Größere Atome – beispielsweise Eisen – zeigen bei sichtbaren Wellenlängen hunderte Linien.

Die Spektren der Elemente der Seltenen Erden sind noch komplexer: Ihre Linien häufen sich über die gesamte Bandbreite des visuellen Wellenlängenbereichs. Doch da diese Elemente in einem typischen Stern nur in sehr geringen Mengen enthalten sind, bleiben ihre Linien normalerweise extrem schwach oder sogar unbeobachtbar.

Exoten des Periodensystems

Tatsächlich sind diese Elemente so rar, dass Namen wie Lutetium ($_{71}$Lu), Dysprosium ($_{66}$Dy) oder Praseodymium ($_{59}$Pr) kaum jemandem geläufig sind. Die Atmosphäre eines durchschnittlichen Sterns enthält etwa eine Million Mal mehr Eisen als Seltene Erden. In Przybylskis Stern ist die Situation allerdings völlig anders: Die Linien der Seltenen Erden sind dicht gedrängt und bedecken praktisch das gesamte Spektrum. In diesem Durcheinander waren die Linien von Eisen so schwer zu identifizieren, dass erst im Jahr 1983 ein definitiver Nachweis gelang. Moderne Häufigkeitsanalysen zeigen, dass Eisen dort im Verhältnis zur Sonne zehnmal seltener vorkommt, während die Seltenen Erden um das Tausend- bis Zehntausendfache häufiger sind.

Was ist dieser Stern? Eine Kugel aus gasförmigen seltenen Metallen? Blicken wir zunächst zurück, um zu sehen, wie sich die Astronomen der 1960er Jahre abplagten, um die Eigenschaften dieses ultrametallischen Sterns mit der Theorie >



Wie seltsam: Dieses unauffällige Pünktchen 8.Größe in der Westhälfte des Kentaurs bei $11^h37^m37^s$ Rektaszension und –46°42′35″ Deklination ist als HD 101065 katalogisiert. Erst später wurde es unter dem Namen »Przybylskis Stern« bekannt.

GROSSES FOTO: AKIRA FUJII / AUSSCHNITT: DSS

> der Entstehung der Elemente in Einklang zu bringen.

Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts hatten die Astrophysiker beim Verständnis, wie Sterne funktionieren, große Fortschritte erzielt. Sie hatten die grundlegende Kernphysik im Griff und wussten um die Tatsache, dass die Sonne strahlt, weil sie Wasserstoff zu Helium »verbrennt«. Diese Entdeckung war einer der intellektuellen Triumphe ihres Jahrhunderts und Hans Bethe erhielt dafür 1967 den Nobelpreis.

Schlüssel zur Nukleosynthese

Doch andere Aspekte der Sternevolution waren weniger klar. Die Entstehung und Verbreitung der verschiedenen chemischen Elemente, die man in der Sonne und in anderen Sternen beobachtete – ganz zu schweigen von jenen, aus denen die Erde besteht – lag weitestgehend im Dunkeln. Sie waren nicht von vornherein da, denn während des Urknalls entstanden nur Wasserstoff und Helium sowie Spuren von Lithium. Woher kamen aber die anderen Elemente?

Eine sehr einflussreiche Abhandlung aus dem Jahr 1957 – für deren Autoren Margaret und Geoffrey R. Burbidge, William A. Fowler und Fred Hoyle (S. 54) die Astronomen das Kürzel B²FH einführten – schuf das Fundament zum Verständnis der Nukleosynthese: jenem Prozess, der aus leichteren Elementen schwerere erzeugt. Gleichzeitig und unabhängig davon kam Alastair G. W. Cameron zu ähnlichen Ergebnissen. Diese nuklearen Reaktionen laufen bei extremen Temperaturen und Dichten ab, wie sie im Sterninnern vorkommen. B²FH erarbeiteten verschiedene Folgen von Prozessen, die im Innersten der Sterne schwerere Elemente erzeugen könnten.

Auch heute noch benutzen wir viele Ausdrücke aus ihrer Terminologie (Tabelle S. 34). Einer dieser Prozesse, die Proton-Proton-Kette der Wasserstofffusion, erzeugt Helium in der Sonne. Ein anderer, der Tripel-Alpha-Prozess der Heliumfusion, produziert Kohlenstoff und Sauerstoff in Roten Riesen. Ein weiterer, E-Prozess genannt, funktioniert nur bei unglaublich hoher Temperatur und immensem Druck und bringt überwiegend solche Elemente hervor, die im Periodensystem in der Nähe von Eisen liegen. Noch schwerere Elemente – beispielsweise die Seltenen Erden der Lanthaniden – können durch langsamen (S-Prozess) oder schnellen (R-Prozess) Neutroneneinfang entstehen. 1960 war man sich nicht sicher, wann oder in welchen Sternen die E- und R-Prozesse ablaufen würden, aber Supernovae waren immer wieder im Gespräch.

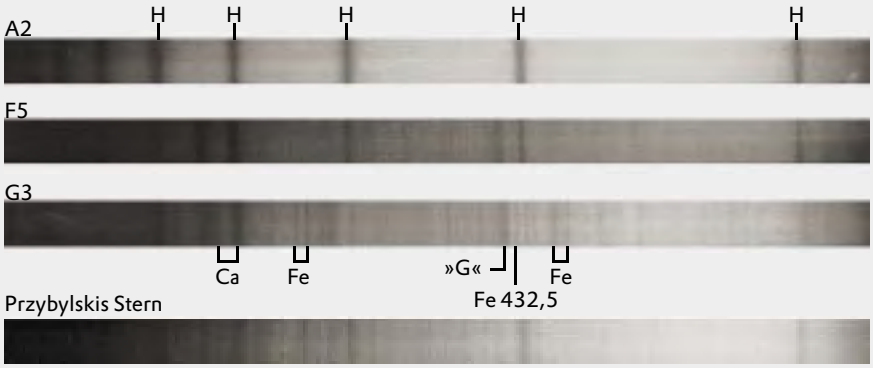
Andererseits führte der Nachweis des Elements Technetium ($_{43}$Tc) in den Spektren einiger weit entwickelter Roter Riesen zu der Annahme, dass der S-Prozess in den Zentren dieser Objekte stattfindet. Denn Technetium ist instabil und zerfällt mit einer Halbwertszeit von etwa vier Millionen Jahren. Es kann daher erst vor relativ kurzer Zeit in einem Stern entstanden und dann an dessen Oberfläche transportiert worden sein, wo wir es beobachten können.

Verteilter Schatz

Przybylskis Stern hat in seinem Kern offenbar riesige Mengen der – normalerweise – seltenen Elemente erzeugt. Die Astrophysiker rechneten aus, dass, wenn er gleichmäßig mit Praseodymium, Ytterbium ($_{70}$Yb) und anderen seltenen Stoffen angefüllt wäre, wenige solcher Sterne, über die ganze Galaxis verstreut, ausreichten, um alle dort vorhandenen Seltenen Erden erzeugen zu können. Sie müssten dazu lediglich am Ende ihres Lebens explodieren und so ihren Schatz über die Milchstraße verteilen. Sind Sterne wie HD 101065 die primären Quellen aller schweren Elemente?

Heute verneinen wir diese Frage. Den S-Prozess verstehen wir schon sehr genau. Er läuft in Riesen geringer oder mittlerer Masse ab, deren Ende bevorsteht. Die seltenen Elemente werden an die Oberfläche gespült und treten dann in den Sternspektren in Erscheinung. Der R-Prozess ist weniger gut geklärt; er >

Spektralanalyse – Werkzeug der Astrophysik



NANCY HOUK, MICHIGAN SPECTRAL CATALOGUE PROJECT

Niemandem fiel auf, wie ungewöhnlich HD 101065 ist. Erst Przybylskis Untersuchungen brachten ans Licht, dass dieser Stern der Stärke seiner Wasserstoff- (H) und Kalziumlinien (Ca) zufolge zwischen den Spektraltypen F und G liegt. Viele der in diesen Klassen prominenten Merkmale wie das »G-Band« des Methin-Moleküls (CH) oder die Eisenabsorption bei 432,5 Nanometern werden durch zahllose Linien von Elementen der Seltenen Erden überdeckt (oben).

O-B-A-F-G-K-M lautet die Unterteilung der Spektralklassen der Sterne mit abnehmender Temperatur.

AIP, EMILIO SEGRÈ VISUAL ARCHIVES, JOHN IRVIN

Antoni Przybylski (links), geboren 1913 in Polen, musste sein Studium an der Universität Poznań wegen des Zweiten Weltkriegs abbrechen, in dem er als Artillerieoffizier diente. Er geriet in Gefangenschaft, konnte aber fliehen und schlug sich in die Schweiz durch. 1949 wurde er an der ETH Zürich promoviert und wanderte nach Australien aus, wo er am Mt. Stromlo Observatory tätig war und eine zweite Doktorarbeit verfasste, diesmal über Konvektion in Sternatmosphären. Bis zu seiner Pensionierung 1978 blieb er an der Sternwarte. Przybylski starb im Jahr 1983.

> dürfte aber hauptsächlich bei Supernovaexplosionen zum Tragen kommen, wo durch den Kollaps des Kerns eines massereichen Sterns am Ende seines Lebens kurzzeitig die Bedingungen für entsprechende Reaktionen herrschen.

Obwohl sich langsam die Details der Sternentstehung herauszukristallisieren begannen, gab es Mitte der 1960er auf diesem Gebiet nur wenig gesichertes Wissen. Für die Existenz junger, an Seltenen Erden reicher Sterne konnte kein Szenario gefunden werden. Und Przybylskis Stern galt keinesfalls als weit entwickelt: Alles wies darauf hin, dass er ein normaler, wasserstoffbrennender Stern wie unsere Sonne ist. Da die Sternentstehungstheorie aber zunehmend an Bedeutung gewann, entwickelte sich HD 101065 bald zu einem echten Problem.

Obwohl er unerklärlich blieb, widmeten nur wenige Astronomen ihre Aufmerksamkeit Przybylskis Stern – sehr zum Unmut seines größten »Fürsprechers«. Erst 1970 formulierte Georges J. Michaud von der Université de Montréal eine Hypothese, die erklären sollte, wie das Spektrum eines Sterns von schweren Elementen dominiert werden konnte. Im Innern von Sternen, die deutlich heißer als die Sonne sind, gibt es so gut wie keine Konvektion, die für Durchmischung sorgt. In einem derart ruhigen Umfeld vermischen sich die einzelnen Zonen nur sehr langsam. Der hier vorherrschende Prozess ist der konstante Strom des Lichts von innen nach außen, wobei die Photonen wie in einem komplizierten Flipperspiel von einem Atom zum nächsten springen. Lichtteilchen besitzen aber einen gewissen Impuls, sodass Atome, die mehr Licht einfangen können, bevorzugt in die oberen Schichten des Sterns gestoßen werden.

Auftrieb für exotische Atome

Und welche Atome fangen mehr Licht? Solche mit komplizierten Spektren wie die Elemente der Seltenen Erden. Michaud nahm an, dieser selektive Auftrieb sei dafür verantwortlich, dass schwere Elemente schneller nach oben gelangen und sich dadurch an der Sternoberfläche konzentrieren. Solche Sterne werden als Ap-Sterne – »pekuliare A-Sterne« – klassifiziert.

Wenn nun HD 101065 auf diese Weise funktioniert, besteht er keineswegs zum Großteil aus den Kernen der Seltenen Erden. Stattdessen umgibt ihn nur eine dünne Schicht von ihnen.

Als Przybylski im Jahr 1963 die Entdeckung von Holmium ($_{67}$Ho) verkündete, taten sich andere Wissenschaftler schwer, ihm zu glauben, denn bis dahin war Holmium noch nie nachgewiesen worden – nicht einmal im Spektrum der Sonne. Zu dieser Zeit kannte man keinen einzigen Stern, der die Linien dieses Elements zeigte. Przybylski aber stand zu seiner Schlussfolgerung, entgegen aller Skepsis, und sollte schließlich Recht behalten. HD 101065 wird daher manchmal auch als Holmium-Stern bezeichnet.

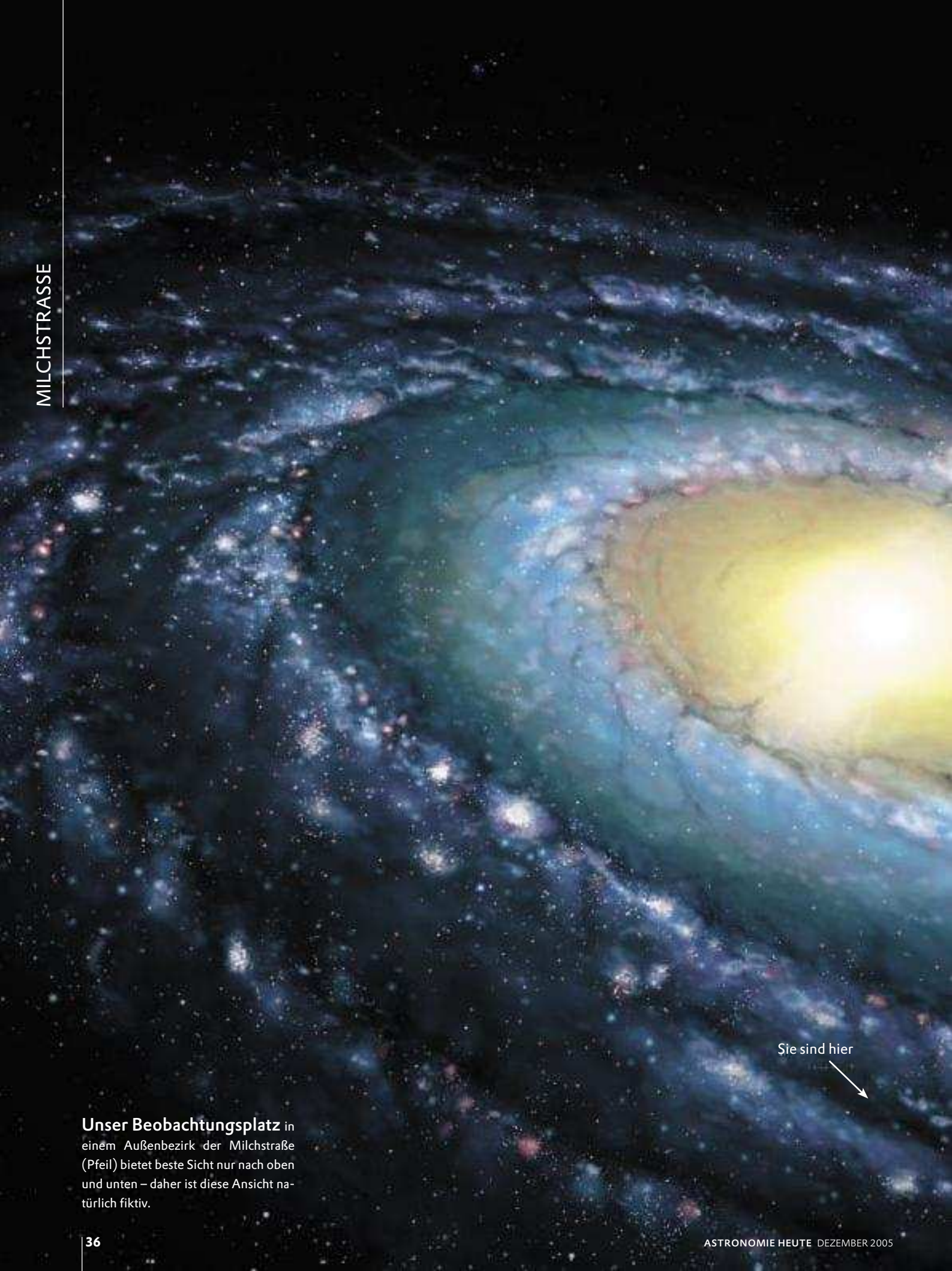
Einige andere von Przybylskis Thesen stellen sich aus heutiger Sicht als nicht so zutreffend heraus. So dachte er beispielsweise, sein Stern hätte etwa die gleiche Temperatur wie die Sonne, wäre praktisch frei von Eisen und einzigartig, also kein Vertreter der Klasse der chemisch auffälligen Ap-Sterne. Eine Analyse von Gary A. Wegener vom Dartmouth College und A. David Petford von der Oxford University aus dem Jahr 1974 besagte, dass sein Stern einfach ein kühler Ap-Stern wäre – wobei »kühl« hier in Relation zu einem typischen Ap-Stern zu verstehen ist –, und das ist immer noch deutlich heißer als die Sonne. Und er habe einen Eisengehalt, der etwa jenem der Sonne entspräche. Der überwiegende Anteil heutiger Daten stützt diesen Befund. Seine Oberflächentemperatur dürfte mit etwa 6800 Kelvin nur tausend Grad heißer als die der Sonne sein.

Letztlich schaffte es Przybylskis Stern also nicht, die Theorie der Sternentstehung umzukrempeln. Er wurde jedoch zum kühlsten Vertreter einer ganzen Klasse von Sonnen. Ihm bleibt demnach immer noch eine herausragende Position erhalten. Außerdem sind bis heute viele Details von Michauds Theorie unklar, und Przybylskis Stern wird auch weiterhin ein wichtiges Testobjekt bleiben, an dem wir unser Verständnis dieser physikalischen Prozesse messen müssen. Aber in einer klaren Nacht unter dem Südhimmel können wir auch einfach nur andächtig den schwachen Lichtpunkt bewundern, dessen Spektrum so verschieden ist von dem aller anderen Sterne. <<

Entstehung der Elemente in Sternen

leichte Elemente	
Wasserstofffusion	… erzeugt Helium. Findet in allen Sternen ab dem Zeitpunkt ihrer Entstehung statt, bis der Wasserstoffvorrat erschöpft ist
Heliumfusion	… erzeugt Kohlenstoff, Sauerstoff und Neon. Findet in sonnenähnlichen Sternen statt, nachdem der Wasserstoff zur Neige gegangen ist und die Sterne sich zu Roten Riesen aufgebläht haben
Kohlenstoff-, Neon-, Silizium-, Sauerstofffusion	… erzeugen einige der leichten Elemente. Finden in massereichen Sternen kurz vor deren Supernovaexplosion statt
E-Prozess Nukleosynthese	… erzeugt Elemente, die im Periodensystem in der Nähe von Eisen stehen. Läuft bei Supernovaexplosionen ab
schwere Elemente	
langsamer Neutroneneinfang (S-Prozess)	… findet in heliumbrennenden Roten Riesen statt. Neutronen werden eines nach dem anderen hinzugefügt, die neuen Atomkerne zerfallen aber meist wieder in der Zeit zwischen den Neuzugängen
schneller Neutroneneinfang (R-Prozess)	… findet bei Supernovaexplosionen statt, und zwar mit so hoher Geschwindigkeit, dass die Kerne nicht so schnell wieder zerfallen können
Protoneneinfang	… findet möglicherweise in Supernovae statt, erzeugt aber nur kleine Mengen von anderen Elementen

Guy Worthey, Assistenzprofessor für Astronomie an der Washington State University in Pullman, ist wissenschaftliches Mitglied des Space-Interferometry-Mission-Teams der Nasa. **Charles R. Cowley**, Professor für Astronomie an der University of Michigan in Ann Arbor, hat den Vorsitz über die IAU-Arbeitsgruppe »Ap-Sterne«.



Unser Beobachtungsplatz in einem Außenbezirk der Milchstraße (Pfeil) bietet beste Sicht nur nach oben und unten – daher ist diese Ansicht natürlich fiktiv.

Wundersame Galaxis

Die Milchstraße ähnelt einem Feuerrad aus unzähligen Sternen und Nebeln.

>> Gary Hayden

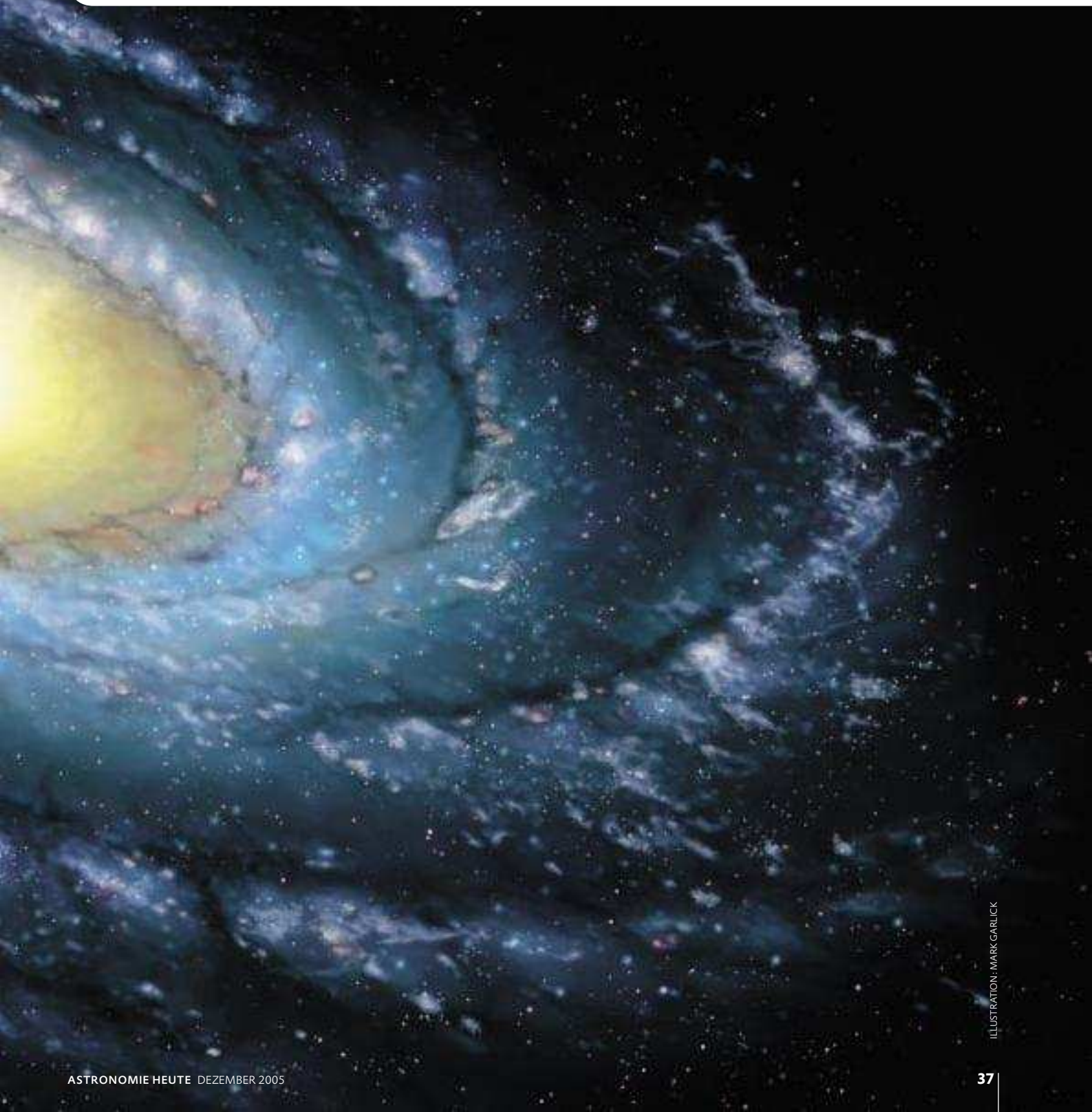
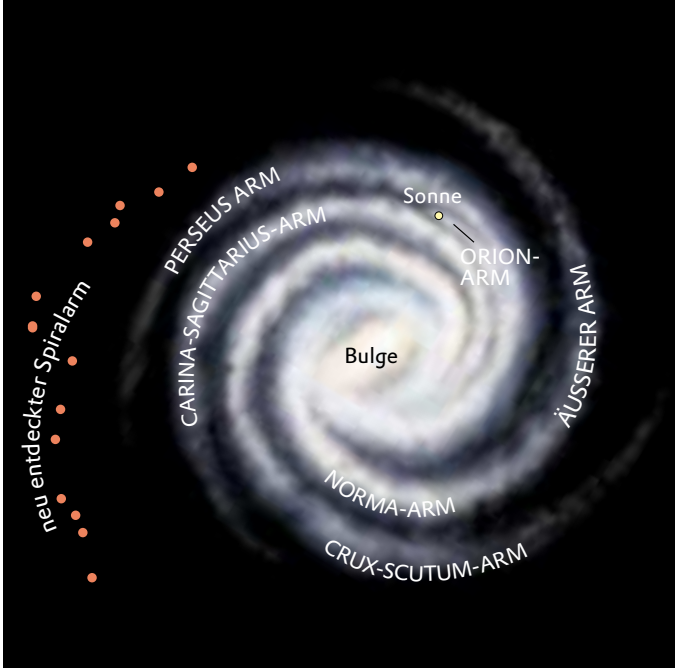
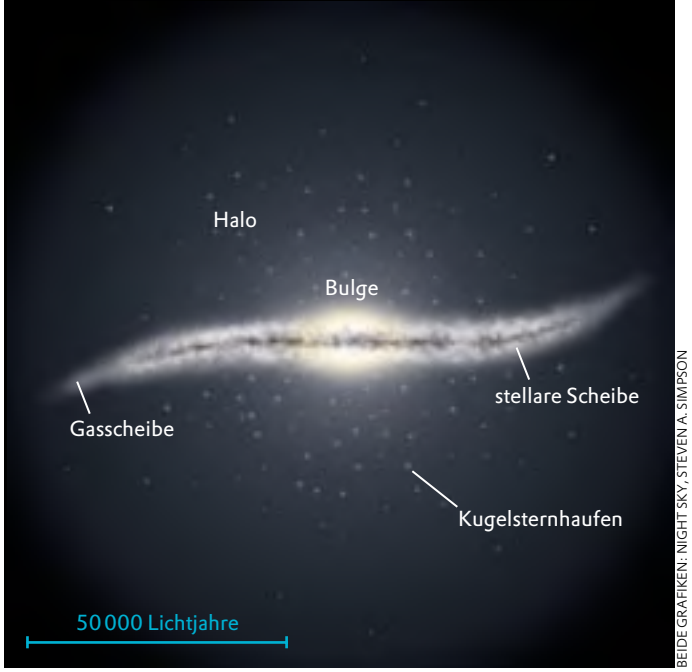


ILLUSTRATION: MARK GARLICK





BEIDE GRAFIKEN: NIGHT SKY, STEVEN A. SIMPSON

Die Spiralarme unserer Galaxie sind ähnlich wie bei einem Feuerrad angeordnet (links). Von der Seite gesehen, formt sie eine dünne Scheibe mit dem gewaltigen Bulge im Zentrum (rechts). Dort kreist eine riesige Zahl von Sternen um den Kern.

Runcorn, wo ich zu Hause bin, ist eine lichtdurchflutete Stadt im Nordwesten Englands. Wie zahlreiche andere Stadtbewohner schenkte ich dem Sternhimmel lange Zeit so gut wie keine Beachtung. 1991 jedoch, während eines Campingurlaubs, entdeckte ich plötzlich, welch atemberaubende Schönheit ein nächtliches Firmament aufweist, das nicht durch irgendwelche Lichtquellen überstrahlt wird. Ich erinnere mich noch, wie ich damals in einer mondlosen Nacht auf einer Bank lag und verblüfft zum himmlischen Glühen der Milchstraße emporschaute, das sich über den gesamten Himmel erstreckte.

Ein schwaches, schönes Glimmen

Die Milchstraße ist eines der respekteinflößendsten Phänomene, die die Natur zu bieten hat. Obwohl das ganze Jahr über sichtbar, beeindruckt ihr Anblick vor allem in Winter- und Sommernächten. Ihr leuchtender Bogen kann sich nicht mit der Helligkeit des Monds oder der von künstlichen Lichtquellen messen, sodass sie ihre Pracht nur am dunklen, mondlosen, klaren Firmament entfaltet. Warten Sie also auf eine wolkenlose Neumondnacht, suchen Sie sich einen guten Beobachtungsplatz, gewöhnen Sie Ihre Augen an die Dunkelheit und schauen Sie zum Himmel empor.

Sie werden ein verschwommenes Lichtband erkennen, das vom nördlichen Horizont ausgeht und sich über das Himmelszelt hinweg zum südlichen Horizont spannt. Wenn Sie ein paar Orientierungspunkte benötigen, nutzen Sie die Sternkarte auf den Seiten 50/51. Mit ihrer Hilfe können Sie den Weg vom Großen Hund im Süden über die Kassiopeia nördlich zum Schwan finden und von dort zum Adler. Entlang diesem Pfad sollten Sie das glimmende Band der Milchstraße ausmachen können. Schön, nicht wahr?

Viele früheren Kulturen glaubten, die Milchstraße sei ein himmlischer Fluss. Die Ägypter betrachteten sie als Gegenstück zum Nil, während die Inder sie mit dem Ganges in Verbindung brachten. Andere Kulturen wiederum sahen sie als Pfad, auf dem die Geister der Verstorbenen zum Himmel hinaufschritten. Für die Wikinger zum Beispiel war sie der Weg zu Walhalla, dem Aufenthaltsort der Krieger im Jenseits.

Eine besonders fantasievolle Erklärung stammt aus der griechischen Mythologie. Die Milchstraße, so heißt es dort, sei die verspritzte Muttermilch der Göttermutter Hera. Sie hatte den kleinen Herakles – besser bekannt unter seinem römischen Namen Herkules – zu stillen versucht.

Götterintrigen

Das Delikate daran: Herakles war der Sohn des Göttervaters Zeus und der sterblichen Alkmene, also das Produkt eines Seitensprungs von Zeus. Der war für seine zahlreichen außerehelichen Affären bekannt, die stets aufs Neue die Eifersucht seiner Gattin Hera provozierten. Mit Alkmene hatte er diese abermals betrogen und musste nun fürchten, dass Hera sich an Herakles rächen würde. Um dem zuvorzukommen, arrangierte er, dass Hera den Säugling zufällig fand. Im Glauben, es handle sich um ein verlassenes Kind, gab sie ihm mitleidig die Brust. Der kleine Herakles indes, später durch seine kolossalen Kräfte berühmt geworden, sog derart schmerzhaft an ihrer Brustwarze, dass sie ihn von sich riss und die Milch in hohem Bogen über den Himmel spritzte.

GLOSSAR

Sagittarius A*: Im Zentrum unserer Galaxie haust ein gewaltiges Schwarzes Loch von drei Millionen Sonnenmassen (»Reise zum Mittelpunkt der Galaxis«, AH 4/2003, S. 36). Einiges spricht dafür, dass um dieses supermassereiche noch zehntausende kleinere Schwarze Löcher kreisen – in ausreichend Abstand, sodass »Sgr A*« sie nicht verschluckt.

Dunkelwolken: Enorme Mengen intergalaktischen Staubs versperren uns die Sicht auf dahinterliegende Himmelsabschnitte – so auch in die zentralen Regionen der Milchstraße. Große, diffuse Staubanhäufungen werden als Dunkelwolke, kleinere, klar umgrenzte als -nebel bezeichnet. Ein bekannter Dunkelnebel ist der Pferdekopfnebel (Barnard 33).

Cygnusspalte: Auch sie besteht aus intergalaktischem Staub. Ein breites Staubband versperrt uns hier die Sicht auf den Bulge der Milchstraße. Der Streifen blockt bis zu 99 Prozent des Sternlichts. Dadurch ist der Himmel dort so schwarz, dass die Spalte den Beinamen »Nördlicher Kohlensack« trägt.

Die wahre Natur der Milchstraße erkannte man erst mit der Erfindung des Teleskops im frühen 17. Jahrhundert. Der italienische Wissenschaftler Galileo Galilei schrieb: »Die Milchstraße … kann so gründlich beobachtet werden, dass alle Debatten (der) Philosophen (durch sichtbare Beweise) hinfällig werden.

Nur eine von vielen

(Sie) ist nichts weiter als eine Ansammlung unzähliger, in Gruppen verteilter Sterne. Auf welche ihrer Regionen man auch immer das Fernrohr richtet, unverzüglich erscheint eine gewaltige Zahl von Sternen.«

Galileis Beobachtung kann heute jeder bestätigen, der ein halbwegs brauchbares Fernglas besitzt. Wo das bloße Auge ein verschwommen glimmendes Band wahrnimmt, zeigt der Feldstecher tausende individuelle Sterne. Hinter diesen verbleibt ein matt leuchtender Nebel, den ein kleines Teleskop in noch mehr Sterne auflöst. Und ein größeres offenbart wieder weitere Gestirne.

Somit besteht die Milchstraße aus einer gewaltigen Menge von Einzelsternen – letzten Schätzungen zufolge etwa 200 Milliarden. Warum aber konzentrieren sich diese Gestirne entlang einem Band und sind nicht über den gesamten Himmel verteilt? Die Antwort hierauf finden wir, wenn wir uns anschauen, wo es im Weltall Sterne gibt. Anstatt sich gleichmäßig über das gesamte Universum zu verstreuen, bilden sie große Ansammlungen, die Galaxien. Eine davon ist unsere Milchstraße. Wenn es uns möglich wäre, die Galaxis von außen zu betrachten, würden wir feststellen, dass sie einem riesigen, flachen Feuerrad ähnelt. Unsere Sonne liegt in den Außenbezirken dieser gewaltigen Sternscheibe, etwa bei zwei Dritteln des Wegs vom Zentrum zum Rand (siehe S. 36/37).

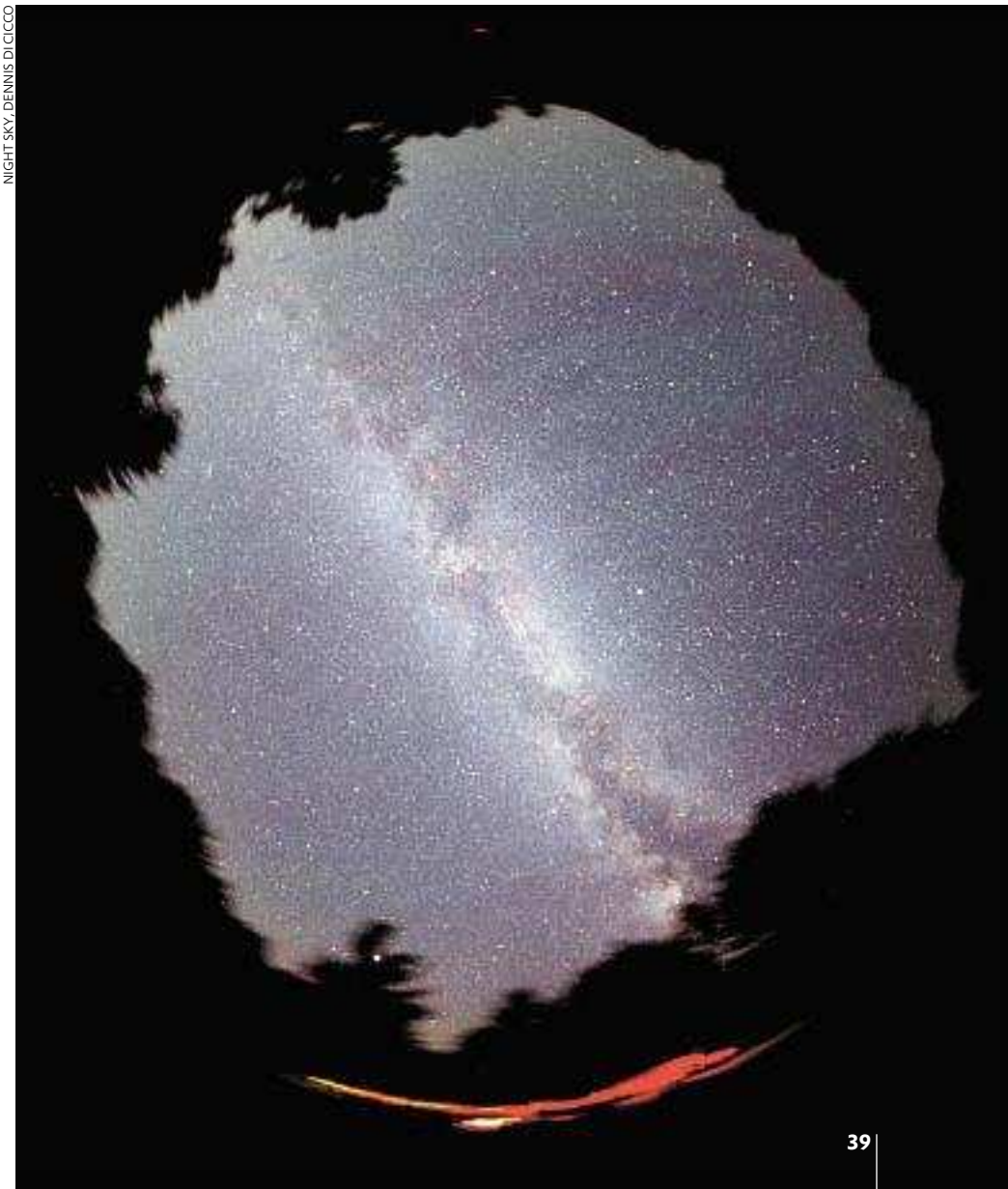
Es ist bemerkenswert, dass wir über die Struktur der Milchstraße weniger wissen als über diejenige weit entfernter Galaxien. In der Tat beruhen unsere Vorstellungen von ihrem Aussehen zum Teil auf Vermutungen – denn von unserem Standpunkt im Innern aus ist es sehr schwer, den Aufbau zu erkennen. Für uns liegen die Spiralarme der Galaxie hintereinander, was es schwierig macht, sie bei Beobachtungen voneinander zu trennen. Aber davon, dass unsere Galaxis im Wesentlichen eine dünne, flache Scheibe ist, können Sie sich trotzdem selbst überzeugen. Wenn Sie nach »oben« oder »unten« schauen – zum Beispiel in Richtung des Großen Wagens –, dann sehen Sie relativ wenige Sterne, weil Ihr Blick aus der Scheibenebene hinausgeht und Sie nur etwa tausend Lichtjahre durch die Milchstraße hindurchblicken müssen. Schauen Sie dagegen in Richtung des Milchstraßenzentrums, dann blicken Sie mehrere zehntausend Lichtjahre tief in die Scheibe hinein und sehen das Licht unzähliger ferner Gestirne als leuchtendes Band am Himmel.

Wenn Sie im Sommer einen richtig dunklen Standort finden, wird die Milchstraße nach Süden hin wesentlich größer und heller erscheinen als in nördlicher Richtung. Das liegt daran, dass das Zentrum der Galaxis von uns aus gesehen im Schützen liegt, in der Nähe des südlichen Horizonts. Ihre Scheibe ist in der Umgebung des Zentrums dicker als anderswo und die Sterne sind dort dichter gepackt. In der entgegengesetzten Blickrichtung, zwischen Fuhrmann, Stier und Zwillingen, trennen uns jedoch nur zwei bescheidene Spiralarme von der kosmischen Leere.

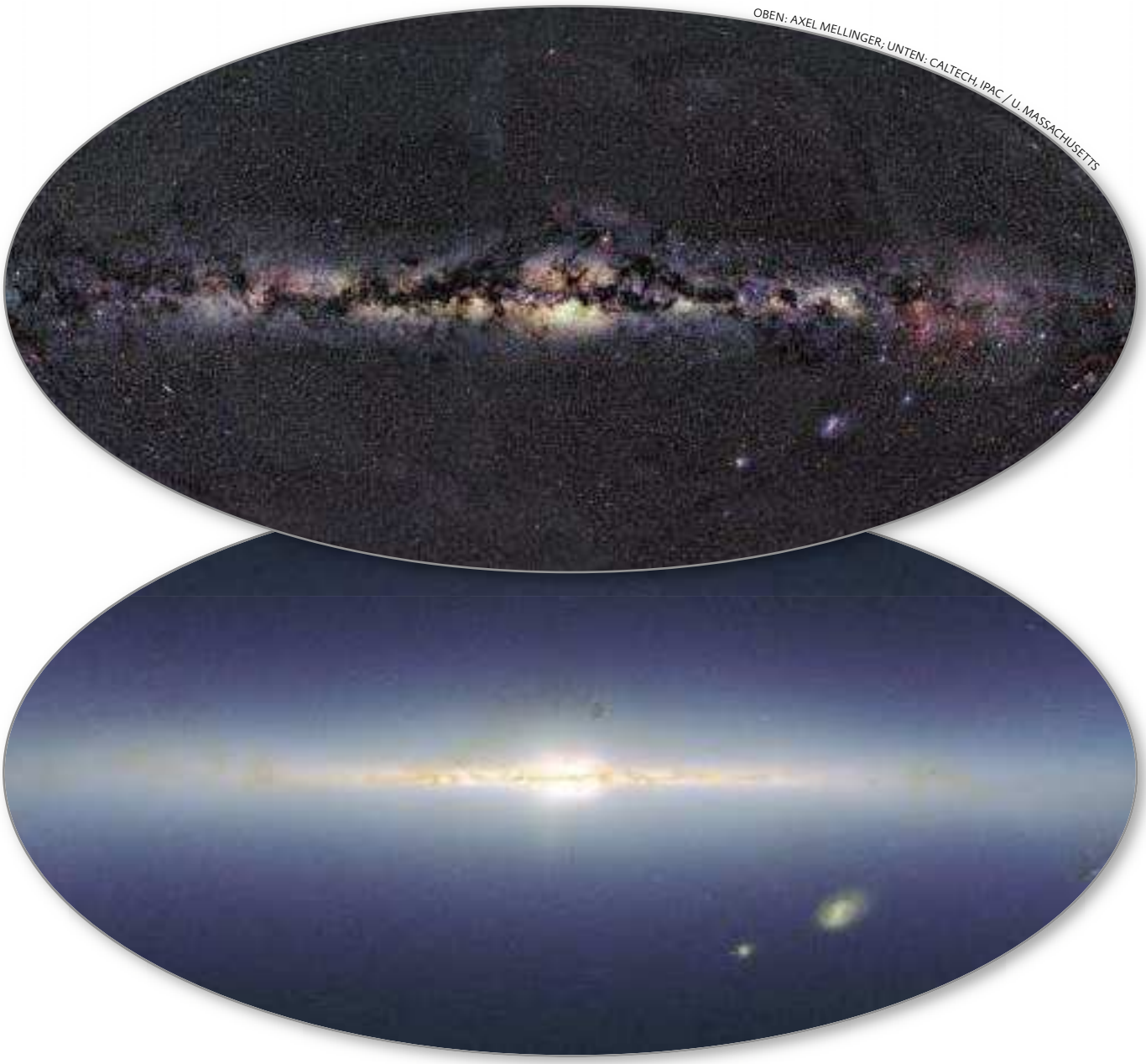
Galaktische Innenstadt

Es ist, als würden wir des Nachts am Rand einer riesigen, beleuchteten Stadt stehen: Am hellsten ist es, wenn wir in Richtung Innenstadt schauen. Aus diesem Grund sind die interessantesten Stellen der Milchstraße im Winter nur schwer >

NIGHT SKY, DENNIS DI CICCO



Dunkler Staub verwehrt uns den Blick dorthin, wo die Milchstraße am hellsten leuchten müsste. In der Mitte dieses Rundumbilds ist der Nordamerikanebel zu erkennen, nach unten rechts zerteilt die Cygnusspalte die Galaxis.



OBEN: AXEL MELLINGER; UNTEN: CALTECH, IPAC / U. MASSACHUSETTS

Dunkle Wolken prägen diese spektakulären Panoramen der Milchstraße. Der deutsche Astrofotograf Axel Mellinger stellte das obere aus mehreren Aufnahmen zusammen, die er in Kalifornien, Deutschland und Südafrika geschossen hatte. Unten: So sähen Sie die Milchstraße, wenn Ihre Augen Infrarotstrahlung wahrnehmen könnten. Diese durchdringt die Staubwolken, die das sichtbare Licht vom Galaxiszentrum größtenteils verschlucken.

> auszumachen. Dann befindet sich ihr Zentrum unterhalb des Horizonts und wir haben die am schwächsten leuchtenden Regionen im Blick. Liegt Ihr Beobachtungsstandort weit genug entfernt von störender Lichtverschmutzung, dann werden Sie viele dunkle Kleckse und Schlieren entlang dem Milchstraßenband bemerken. Dabei handelt es sich um große Gas- und Staubwolken, die das Licht der hinter ihnen liegenden Sterne verschlucken. Die in ihnen enthaltene interstellare Materie wird sich irgendwann zu neuen Sternen verdichten.

Wolken verschleiern die Sicht

Der größte dunkle Streifen, die »Cygnusspalte«, beginnt im Schwan in der Nähe von Deneb und setzt sich dann in Richtung des südlichen Horizonts fort. Es sieht so aus, als würde dieser Streifen die Milchstraße der Länge nach zerteilen. Er besteht aus einer riesigen Zahl kleinerer Wolken, die sich, ähnlich wie die Sterne, in der Scheibe sammeln. Die Wölkchen blockieren unsere Sicht auf das galaktische Zentrum. Im Schützen ist die Milchstraße sehr hell, doch sie würde noch beträchtlich stärker leuchten, wenn nicht die vielen interstellaren Dunkelwolken das Licht der Sterne absorbierten.

Zum Glück kann Infrarot- und Radiostrahlung die Staubwolken durchdringen, sodass die Astronomen den Kern der Galaxis zumindest in diesen Wellenlängen untersuchen können. Er beherbergt – wie alle Galaxien – ein enormes Schwarzes Loch, das als »Sgr A*« (sprich: »Sagittarius A-Stern«) bekannt ist: Mit ungefähr drei Millionen Sonnenmassen belegt da ein ganz schöner Brocken das Zentrum der Milchstraße und hält die Galaxis zusammen.

Ein extrem dichtes Gewimmel von Millionen Sternen – viel dichter als jede andere Sterngruppierung innerhalb der

Galaxis – umkreist dieses supermassereiche Schwarze Loch, so wie Bienen, die um ihren Stock schwirren. Nach außen hin, vom Zentrum weg, nimmt die Dichte dieses Sternhaufens ab, aber noch in einer Distanz von 5000 Lichtjahren zu Sagittarius A* sind die Sonnen sehr dicht gepackt. Bei dieser Region handelt es sich um den Bulge, eine zentrale Wölbung, die sich deutlich über die dünne Galaxisscheibe erhebt. Die meisten Sterne hier sind sehr alt, manche entstanden schon bald nach dem Urknall.

Bulges finden wir auch bei allen anderen Spiralgalaxien, die wir von der Seite aus betrachten. Die Wölbung der Milchstraße ist so gewaltig, dass sie sich teilweise über die Dunkelwolken erhebt, die das Zentrum der Galaxis verhüllen. Der für uns sichtbare Teil ist die Große Sagittarius-Sternwolke.

Vielfältige fremde Galaxien

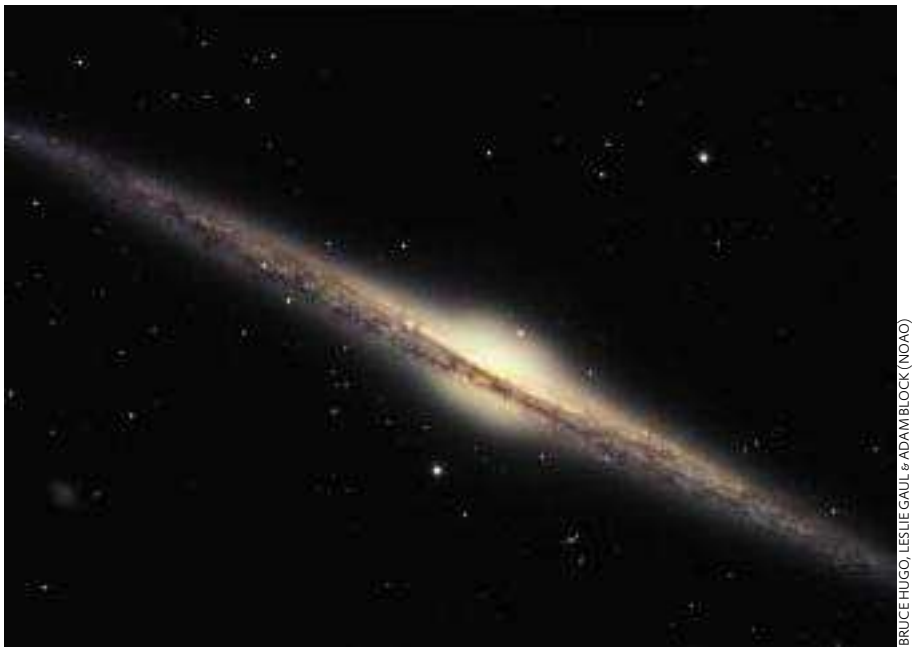
Unsere Sonne und jeder andere Stern, den Sie ohne ein großes Teleskop sehen, liegen innerhalb der Milchstraße. Aber genauso, wie unser Zentralgestirn unter den Milliarden Sternen der Galaxis wenig bedeutsam erscheint, ist die Milchstraße auch nur eine unter Milliarden anderer Galaxien im bekannten Universum. Diese Sternstädte gibt es in unterschiedlichen Formen. Spiralgalaxien wie die Milchstraße sind flache Scheiben, von deren Bulges Spiralarme ausgehen. Elliptische Galaxien sind manchmal nahezu perfekt kugelförmig, manchmal ähneln sie auch lang gestreckten Eiern. Galaxien, die sich keiner Kategorie zuordnen lassen, werden als irregulär bezeichnet.

Der Frühling ist die Jahreszeit, in der Sie die meisten Galaxien beobachten können. Denn die Milchstraße schmiegt sich dann an den Horizont und in Richtung Zenit haben Sie freie Sicht auf ferne Ansammlungen wie den Coma- und den Virgohaufen. Der Herbst ist ideal, um den Andromedanebel M 31 zu beobachten, der im Verlauf des Sommers immer höher im Osten aufsteigt (siehe AH 11/05, S. 44). Im Sommer und im Winter dagegen steht die Milchstraße im Zenit. Und da es in den kalten Monaten nachts lange dunkel bleibt, genießen Sie nun die beste Aussicht auf die Außenbereiche der Galaxis.

Ohne Hilfsinstrumente können Sie die Milchstraße weitaus besser sehen als jede andere Sterninsel durch das größte Teleskop der Welt. Warten Sie auf eine klare, mondlose Nacht und begeben Sie sich möglichst weit weg von erleuchteten Orten. Legen Sie sich auf eine Decke, eine Liege oder etwas Ähnliches, sehen Sie zum Himmel empor und genießen Sie die Pracht der Milchstraße. Es gibt in der Natur nicht Vergleichbares. <<

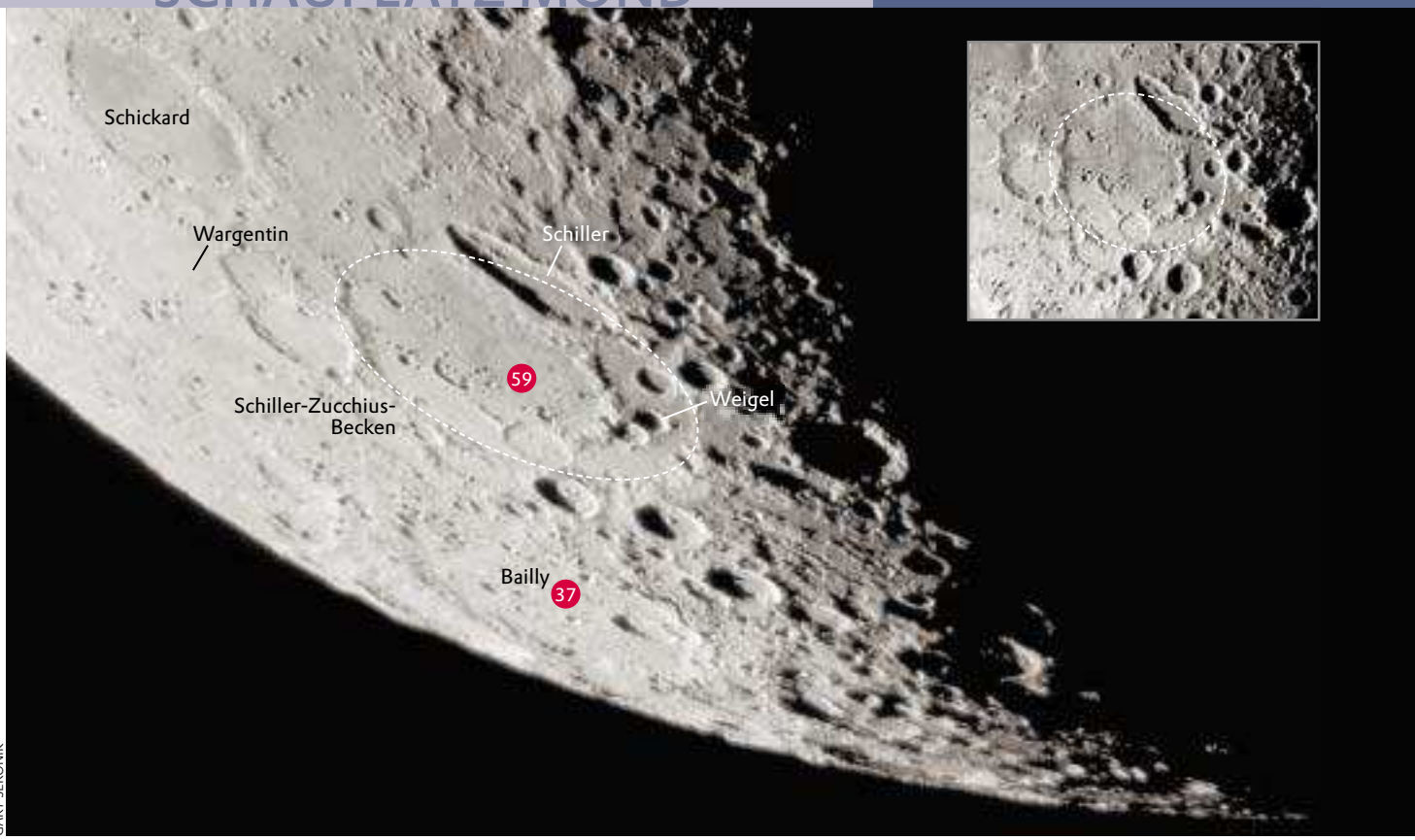
Wenn er nicht gerade den Himmel beobachtet, schreibt **Gary Hayden** für Frauenzeitschriften. Kürzlich verfasste er eine Geschichte, in der er die Rolle des romantischen Helden mit einem Amateurastronomen besetzte.

NOAO, BILL SCHOENING



BRUCE HUGO, LESLIE GAUL & ADAM BLOCK (NOAO)

Könnten wir unsere Galaxie von oben sehen, würde sie wahrscheinlich M 83 ähneln (oben). Diese »Südliche Feuerrad-Galaxie« liegt im Sternbild Wasserschlange. Durch ein großes Teleskop erkennen Sie die zentrale Staubscheibe und den Bulge der Spiralgalaxie NGC 4565 (unten) im Sternbild Haar der Berenike.



GARY SERONIK

Kraterbecken im Aluminiumspiegel

Alte, verwitterte Formationen wie Bailly und das Schiller-Zucchius-Becken sind wegen ihrer Randlage oft schwer zu erkennen. Im kleinen Ausschnitt ist die Schiller-Zucchius-Region daher per Computer entzerrt.

Verzerrte Mehrfachringsysteme in den großen, alten Einschlagkratern wie Bailly und Grimaldi

>> Charles A. Wood

Die meisten der großen Mondkrater sind ziemlich alt, stark verwittert und nicht sehr interessant. Und weil diese Krater, inbesondere die in der Nähe des Mondrands, seltener beobachtet wurden, verstanden die Astronomen ihre wahre Natur lange Zeit nicht. Zwei Schritte haben entscheidend zu unserem heutigen Wissensstand beigetragen. Der erste war die Entdeckung der Multiring-Impaktstrukturen. 1949 erkannten Ralph Baldwin und nach ihm, 1962, William K. Hartmann sowie Gerard Kuiper, dass die großen runden Maria riesige kraterähnliche Becken ausfüllen und von zwei oder mehr Ringwällen umgeben sind.

Ein schönes Beispiel hierfür ist das Mare Imbrium, das ich in einer früheren Ausgabe beschrieben habe (AH 6/2005, S. 48). Das Imbriumbecken wird von den Bergzügen der Apenninen und Karpaten begrenzt, der innere Ring ist aber nur noch durch vereinzelte Grate wie Pico und Piton sowie durch Marerücken zu erkennen. Der zweite wichtige Schritt war die Entwicklung einer neuen Methode der Bildbearbeitung.

Geglättete Fotos entlarven Krater

Anfang der 1960er Jahre fanden Forscher in Kuipers Lunar and Planetary Laboratory (LPC) an der University of Arizona in Tucson einen Weg, die perspektivische Verzerrung der Formationen am Mondrand zu beseitigen. Sie projizierten ihre Aufnahmen auf eine etwa einen Meter große Aluminiumkugel und fotografierten sie darauf aus einem anderen Blickwinkel. So verwandelten sich elliptisch verzerrte Krater in kreisförmige. Die Forscher erkannten nun, dass einige der alten Einschlaglöcher am Mondrand tatsächlich Becken mit Multiringstruktur waren.

Grimaldi (L36 in der »Lunar Top 100«-Liste, AH 7-8/2004, S. 54) ist so eine Struktur. Lange Zeit galt er als einfacher lavagefüllter Krater, doch die neue Projektionsmethode offenbarte, dass es sich um ein Einschlagbecken mit zwei Ringen handelt. Auch heute ist dies nur wenigen Beobachtern bewusst, denn der äußere Ring ist schwer zu erkennen. Der am besten erhaltene Abschnitt befindet sich südlich des Kraters Rocca und zieht sich nach Nordosten zu Damoiseau hin. Der ursprüngliche äußere Ring muss einen Durchmesser von etwa 425 Kilometern gehabt haben; innerhalb von ihm ist das Terrain relativ glatt. Der innere Ring ist

Clavius könnte im Innern noch ein Ringsystem beherbergen. Dasjenige in Grimaldi ist offen sichtbar – von der richtigen Position aus.

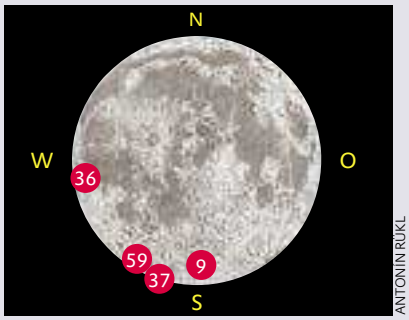
225 Kilometer groß und umgibt einen dunklen Kraterboden.

Auf den entzerrten Fotos tauchte ein weiteres Becken auf, 325 Kilometer breit, das lange Zeit übersehen worden war. Ein Grund dafür ist die perspektivische Verzerrung. Hinzu kommt, dass so faszinierende Krater wie Schiller, Schickard und Wargentin es umgeben. Hartmann und Kuiper entdeckten auch dieses Becken, heute Schiller-Zucchius-Becken genannt (L59). Etwa die Hälfte des 165 Kilometer durchmessenden inneren Rings ist gut erhalten und zieht sich als Bergkette von Schiller über Weigel in einem Bogen bis zum Segner-Krater. Interessanterweise lässt sich auch eine 85 Kilometer große Senke ausmachen, die etwas versetzt liegt und einen dritten, innersten Ring andeutet. Der gesamte Boden ist glatt und etwas heller, ähnlich wie das Material im äußeren Ring von Grimaldi.

Eingegrabene Bergspitzen

Ganz dicht an den südwestlichen Mondrand drängt sich ein weiteres Bassin, das noch schwerer zu erkennen ist. Den 300 Kilometer großen Krater Bailly (L37) zeichnete Johannes Schröter 1790 auf seiner Mondkarte ein. Doch den schwachen inneren Ring entdeckten erst Hartmann und ich, als wir 1970 auf den Bildern des Lunar Orbiter nach neuen Einschlagbecken suchten. Bailly durchmisst 150 Kilometer und nur einige Hügelketten

So finden Sie die Multiringbecken:



Günstige Beobachtungszeiten von Clavius: 9.12. 2005, 20 Uhr; 24.12. 2005, 6 Uhr; Schiller-Zucchius: 12.12. 2005, 22 Uhr; 27.12. 2005, 7 Uhr; Bailly und Grimaldi: 11.12. 2005, 20 Uhr. Alle Zeiten MESZ

Auszug aus der Lunar-Top-100-Liste (AH 7-8/2004, S. 54)

- 9 **Clavius:** Wallebene, trotz seiner Größe kein richtiges Becken
- 36 **Grimaldi:** lavagefülltes Einschlagbecken mit zwei Ringen
- 37 **Bailly:** schwer auszumachendes Einschlagbecken
- 59 **Schiller-Zucchius-Becken:** stark erodiertes Einschlagbecken

deuten ihn an. Sein Boden ist mit Sekundärkratern und Auswurfmaterial des Orientale-Beckens und des nahe gelegenen Kraters Hausen übersät. Zwischen all diesen Trümmern ist der Grund glatt, aber nicht so dunkel wie typisches Maregestein.

Diese drei wenig bekannten Becken ähneln einander sowie jenen auf der Mondrückseite, etwa Korolev und Birkhoff. Hartmann, Kuiper und ich fanden heraus, dass die inneren Ringe typischerweise etwa halb so groß sind wie die äußeren. Es hat sich gezeigt, dass das gleiche Verhältnis auch für Einschlagbecken auf Mars und Merkur gilt. Leider erklärt keine der Theorien über Einschlagphysik oder Geologie die Entstehung der Mehrfachringe zufrieden stellend.

Wir erkannten außerdem, dass sich im Innern einer Multiringstruktur häufig eine glatte und hellere Ebene befindet. Möglich ist, dass einige dieser Ebenen aus normaler Marelava bestehen, die von Kraterstrahlen – pulverisiertem Auswurfmaterial, hauptsächlich in Form von Glasperlen, das beim Aufprall strahlenförmig wegspritzte – aufgehellt ist. Aber mich fasziniert der Gedanke, dass dieses glatte Material durch eine Art frühen Mondvulkanismus entstanden sein könnte. Falls das stimmt, bedeutet dies, dass die hellen Flächen aus einer frühen, globalen Phase des Vulkanismus stammen. Der Marevulkanismus hingegen konzentrierte sich hauptsächlich auf der Mondvorderseite. Leider besitzen wir keine Proben dieses Materials, um das anhand der Chemie untersuchen zu können.

Unsere Übersicht der kleinen Doppelringbecken ist wahrscheinlich nicht vollständig. Bei jedem Krater, dessen Durchmesser 200 Kilometer übersteigt, könnte es sich um ein unerkanntes Bassin handeln; auf der Rückseite des Trabanten gibt es beispielsweise sieben solcher Becken zwischen 140 und 300 Kilometer Größe.

Eine auffällige Ausnahme stellt Clavius (L9) dar. In der Mitte dieses 225 Kilometer großen Kraters liegen zwei kleinere Gebirgsmassive. Vermutlich sind es die Spitzen der Zentralberge, die teilweise unter Gestein begraben sind. Liegt unter der glatt aufgefüllten Ebene ein innerer Ring verborgen? Wenn dieser so klein wäre wie derjenige innerhalb Baillys, könnte das stimmen. Schauen Sie sich Deslandres, Sinus Iridum und das Mare Vaporum an – handelt es sich hierbei vielleicht auch um kleine Einschlagbecken, die im Lauf der Zeit so verändert wurden, dass ihre ursprüngliche Natur kaum noch zu erkennen ist? <<

Charles A. Wood betreut zwei Webseiten: cwm.lpod.org und www.lpod.org.

Der Große Orionnebel

Kein rühmendes Adjektiv für M 42 ist übertrieben – spektakulär, wunderbar, großartig. Für mich ist er einfach das »Wunder aller Himmelswunder«. **>> Ken Hewitt-White**

Kurz nach meinem 15. Geburtstag habe ich die leuchtende Gaswolke zum ersten Mal mit dem Teleskop beobachtet. Es war eine bitterkalte Januarnacht im Jahr 1966, der Himmel über meinem Hinterhof in Ottawa war kristallklar. Die Sterne von Orion, dem Jäger, leuchteten hell im Süden. Als Sternguckerin-Neuling musste ich mich mit einem Sechzig-Millimeter-Spiegelteleskop und zwei mageren Okularen begnügen. Was soll's. Der Eintrag in mein Logbuch ruft mir wieder in Erinnerung, wie aufgewühlt ich war: »Sah Orionnebel bei 64 × – toll!!!« Zugegeben, meine Optik war bescheiden und meine Beobachtungsfähigkeiten noch nicht geschärft. Doch bereits damals wurde mir bewusst, wie einzigartig der Große Orionnebel unter den Himmelsobjekten ist. Im Messier-Katalog, der 110 »schwache verschwommene« Himmelsobjekte auflistet, ist er der zweiundvierzigste Eintrag – M 42.

Die von Sternguckern in aller Welt bewunderte leuchtende Wolke ist nicht nur mit dem Fernglas leicht zu sehen. M 42 gehört zu einer Hand voll Deep-Sky-Objekten, die schon mit bloßem Auge zu erkennen sind. Und er ist sehr einfach zu finden.

Das Sternbild Orion geht im Dezember nach 19 Uhr im Osten auf (Foto S. 47). Die auffällige diagonale Reihe von drei hellen Sternen symbolisiert den Gürtel der Sagengestalt. Suchen Sie direkt darunter nach einer senkrecht verlaufenden Reihe von schwächeren Sternen, die das Schwert darstellen. Genau in der Mitte können Sie den Orionnebel als »unscharfen Stern« ausmachen.

Eine Kinderstube für Sterne

Etwa 1500 Lichtjahre Weltraum liegt zwischen der Erde und M 42. Das All ist in Wirklichkeit jedoch nicht vollkommen leer. Unsere Heimatgalaxie ist von einer feinen Mischung aus Atomen und Molekülen durchdrungen. An manchen Stellen haben sich Wasserstoff und anderen chemische Elemente durch ihre Schwerkraft zu riesigen Molekülwolken zusammengezogen. Eine der uns am nächsten gelegenen ist die des Orion. Ihr dunkler Schleier aus Staub und Gasen durchmisst 100 Lichtjahre in der südlichen Hälfte des Sternbilds. M 42 ist eine etwa 25 Lichtjahre große leuchtende »Blase« an der uns zugewandten Seite der Orion-Molekülwolke.

Genau genommen handelt es sich bei M 42 um einen Emissionsnebel. Er wird von einem Quartett heißer Jungsterne im Zentrum der Blase gespeist: dem Trapez. Dieses heizt die Gasmassen in seiner Umgebung auf und bringt sie wie eine riesige Neonröhre zum Fluoreszieren.

Die massereichen Sterne verleihen dem Nebel auch seine Form. Heftige Winde aus energiereichen Teilchen strömen von ihrer glühenden Oberfläche in den Weltraum. Zusammen mit den heißen Lichtstrahlen haben die Winde im Verlauf von mehreren zehntausend Jahren ein Loch in die dunkle Orion-Molekülwolke geblasen. Die wachsende Aushöhlung ist irgendwann durch die Wolke gebrochen, sodass wir jetzt von der Erde aus das Schauspiel in ihrem Innern beobachten können.

Vor dreißig Jahren haben Astronomen bei ihrem Blick in die hell erleuchtete Höhle entdeckt, dass der Orionnebel einige hundert junge Sonnen beherbergt, keine von ihnen älter als eine Million Jahre. Darunter sind auch Protosterne zu finden – ungeborene Sonnen, die noch in dichten Gashaufen ausgebrütet werden. >

Das imposante Schwert des Orion zieht sich über zehn Grad des Himmels. Am eindrucksvollsten ist der große, rote M 42. Aber verpassen Sie nicht den »Running Man«-Nebel! Sehen Sie die dunkle Silhouette des Joggers vor dem blauen NGC 1977?

JEFF BALL

Im Infrarot sieht M 42 ganz anders aus: Im Vergleich zu dem, was das menschliche Auge oder eine optische Fotografie (links) zeigt, lässt die Infrarotaufnahme (rechts) – von Staub und Gas unbeeindruckt – zahllose junge Sterne erkennen.

> Der Orionnebel ist also ein äußerst aktives Sternentstehungsgebiet.

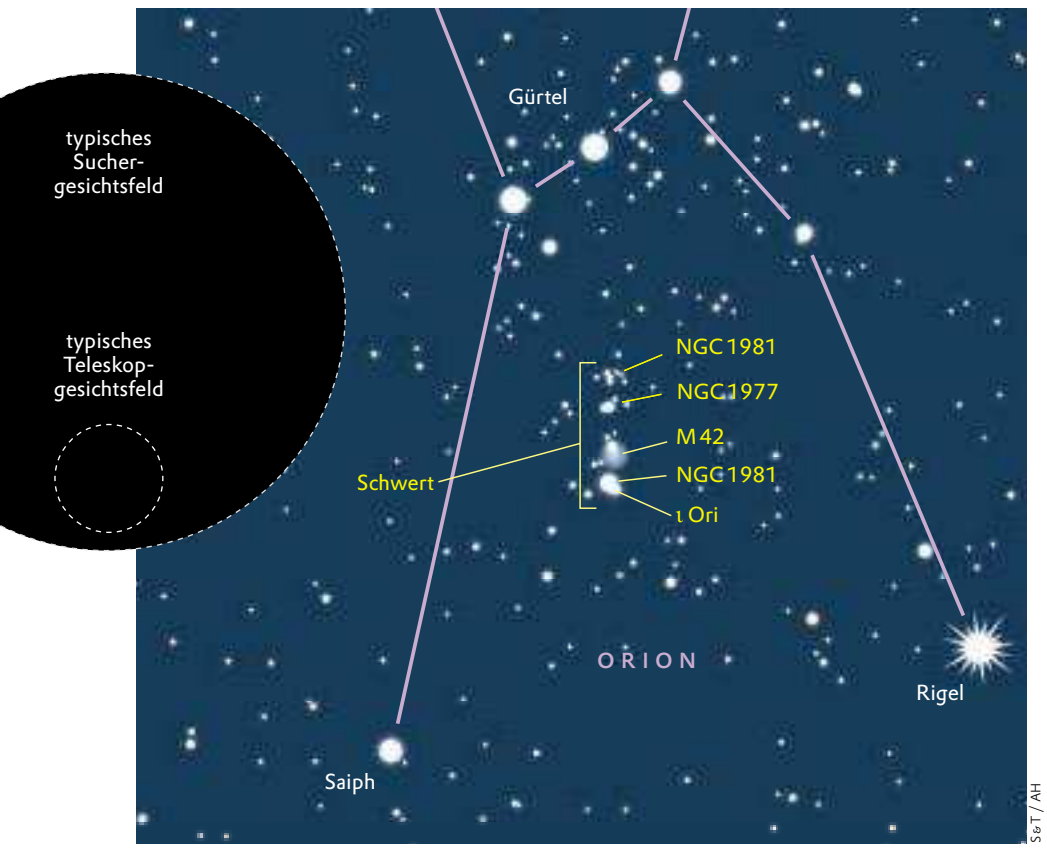
Paradoxerweise kann der Nebel den ungeborenen Sternen auch gefährlich werden. Die harte ultraviolette Strahlung des Trapezes entzieht den Protosternen den Materialnachschub, den sie benötigen, um sich zu ausgewachsenen Sonnen weiterentwickeln zu können. Die Situation ähnelt der, wo ein tyrannisches Kleinkind seinem jüngeren Bruder Essen vom Teller stiehlt.

Widrige Verhältnisse für Proplyden

Die Gefahren, die Orions ungeborenen Sternen auflauern, sind auch für sich bildende Planeten von Bedeutung. Vor etwa zehn Jahren entdeckte das Hubble-Weltraumteleskop im Zentrum von M 42 einige Dutzend frisch gebackener Sterne, die von protoplanetaren Scheiben oder »Proplyden« umgeben sind. Wie einige Wissenschaftler glauben, sind auch die Planeten unseres Sonnensystems in solch einem Wirbel aus Staub und Gasen entstanden.

Nach gängigen Theorien entwickelt sich ein Proplyd in etwa zehn Millionen Jahren zu einem fertigen Planeten. Bei den turbulenten Verhältnissen in M 42 hält C. Robert O'Dell von der Vanderbilt University in Nashville, Tennessee einen derart langen Zeitraum aber für unwahrscheinlich. »Die massereichen Jungsterne im Orion sind mehr als hunderttausendmal so hell wie unsere Sonne«, erklärt der Astronom. »Unseren Berechnungen zufolge zerstört eine so intensive Strahlung jede protoplanetarische Scheibe in wenigen hunderttausend Jahren.«

Nur etwa ein Zehntel aller entstehenden Sonnensysteme seien vor der auszehrenden Strahlung des Trapezes sicher. Doch die zahlreichen von Hubble erspähten Proplyden haben bis jetzt ihrer widrigen Umgebung getrotzt. Das Sternquartett kann folglich nicht älter als einige zehntausend Jahre sein, andernfalls hätte es die umliegenden Scheiben längst zerstört, vermutet O'Dell. Liegt er richtig, so sind die Sterne noch sehr jung – analog dazu wäre ein Mensch gerade einmal ein paar Monate alt.



Der große Nebel im Fernrohr

Die neugeborenen Sterne können Sie mit eigenen Augen betrachten. Richten Sie einfach Ihr Teleskop auf den unscharfen Fleck im Schwert des Orion. Der Nebel ist in Ihrem Fernrohr als schwacher, grauer Schleier sichtbar, der das 5.-Größe-Sternpaar Theta-1 (θ^1) und Theta-2 Orionis (θ^2 Ori, Foto S. 48 unten) einhüllt. Wer über ein Objektiv mit mindestens 75 Millimeter Öffnung – also einen Dreizöller – und ein Okular verfügt, das vierzig- bis fünfzigfach vergrößert, kann den hel-

Mit bloßem Auge sehen Sie nur die hellsten Sterne, die auch auf den Übersichtskarten auf S. 50 und 51 abgebildet sind. Für die anderen müssen Sie den Sucher Ihres Fernrohrs oder einen 35er- bis 50er-Feldstecher zu Hilfe nehmen.

leren Theta-1 seinerseits in seine vier Komponenten A bis D auflösen: die Trapezsterne.

Haben sich Ihre Augen einmal an die Dunkelheit gewöhnt, werden Sie entdecken, dass das winzige Trapez in ein verworrenes Geflecht von Nebelfetzen gebettet ist, das eine größere Himmelsfläche als der Vollmond einnimmt. Hat Ihr Instrument nicht gerade eine sehr kurze Brennweite von 500 oder weniger Millimetern, genügt Ihnen wahrscheinlich das Okular mit der schwächsten Vergrößerung – das mit der größten eingeprägten Okularbrennweite –, um den Nebel als Ganzes in einem Sichtfeld einzufangen. In einem 7×50- oder 10×50-Feldstecher gleicht M 42 einer nach unten hängenden Tulpenblüte. Er ist ein derart großes und helles Himmelsobjekt, dass ihm bis zu einem gewissen Grad auch Lichtverschmutzung nichts ausmacht.

Es gibt nichts Besseres!

So ist der Große Orionnebel auch gerade für den stadtgebundenen Sterngucker ein lohnenswertes Objekt. Erst kürzlich beobachtete ich ihn von meinem Hinterhof aus mit einem einfachen Einhundert-Millimeter-Spiegelteleskop (Vierzöller) bei 50- bis 75facher Vergrößerung. Ich sah ein rechteckig geformtes Leuchten, das das Trapez umrahmte. Nach meinem Empfinden war eine Ecke dieses wolkigen Kastens von zwei geradlinigen Seiten begrenzt. Die Wolke selbst machte einen deutlich gesprenkelten Eindruck. Eine dunkle Einstülpung formte das Fischmaul (Foto S. 48 unten), das in das Trapez beißt. Hauchdünne Nebelfäden erstreckten sich zu beiden Seiten. Etwa vierzig Jahre nach meinem ersten Blick auf M 42 war meine Reaktion immer noch die gleiche: »Toll!!!«

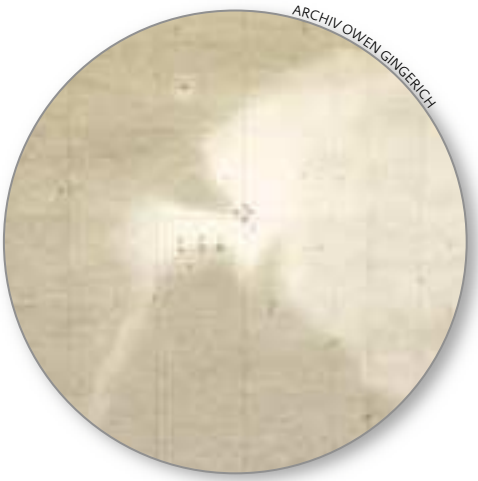
Betrachte ich den Orionnebel unter einem ländlich dunklen Sternhimmel mit meinem Zehn-Zoll-Dobson, erlebe ich einen wahren Quantensprung an Bildqualität und Lichtausbeute. Mit seinen büschelartigen Ausläufern gleicht der große Nebel einer filigranen Möwe, die im Weltraum segelt. Ihre eleganten Flügel fächern sich zu einen breiten Federkranz auf und umschlingen dabei zahlreiche leuchtschwächere Sterne.

Doch Sie benötigen nicht unbedingt ein großes Teleskop, um die atemberaubend schönen Einzelheiten von M 42 zu bewundern. Eine Freundin im südafrikanischen Kapstadt benutzt ein Spiegelteleskop mit gerade einmal 115 Millimeter Öffnung (4½ Zoll). Für sie gleichen die zarten Gebilde »Tüchern aus feinster, ja fast durchsichtiger Seide, geschmückt mit himmlischen Diamanten«.

Es ist nicht leicht, den Orionnebel in Farbe zu sehen. Unsere Augen tun sich schwer, bei schwachem Licht Farben wahrzunehmen (AH 1-2/2005, S. 70). Das von dem riesigen Vorkommen angeregten Wasserstoffs emittierte Licht hat auf Fotografien die dafür typische purpurrote Farbe. Doch in vielen Amateurteleskopen erscheint der helle Nebel um das Trapez eher meergrün. Dieses grüne Licht stammt von ionisiertem Sauerstoff, der eine so hohe Temperatur hat, dass gleich zwei Elektronen der äußeren Atomhülle freigesetzt wurden. Da unsere Augen für Rotlicht weniger empfind- >

FOTO: AKIRA FUJII

Etwa zwei Stunden, nachdem Orion selbst über den Horizont steigt, folgen ihm seine treuen Gefährten in Gestalt der Hundssterne Sirius und Prokyon in den Konstellationen Großer und Kleiner Hund (Canis Maior und Minor).


ARCHIV OWEN GINGERICH

SUE FRENCH

ROGER N. CLARK

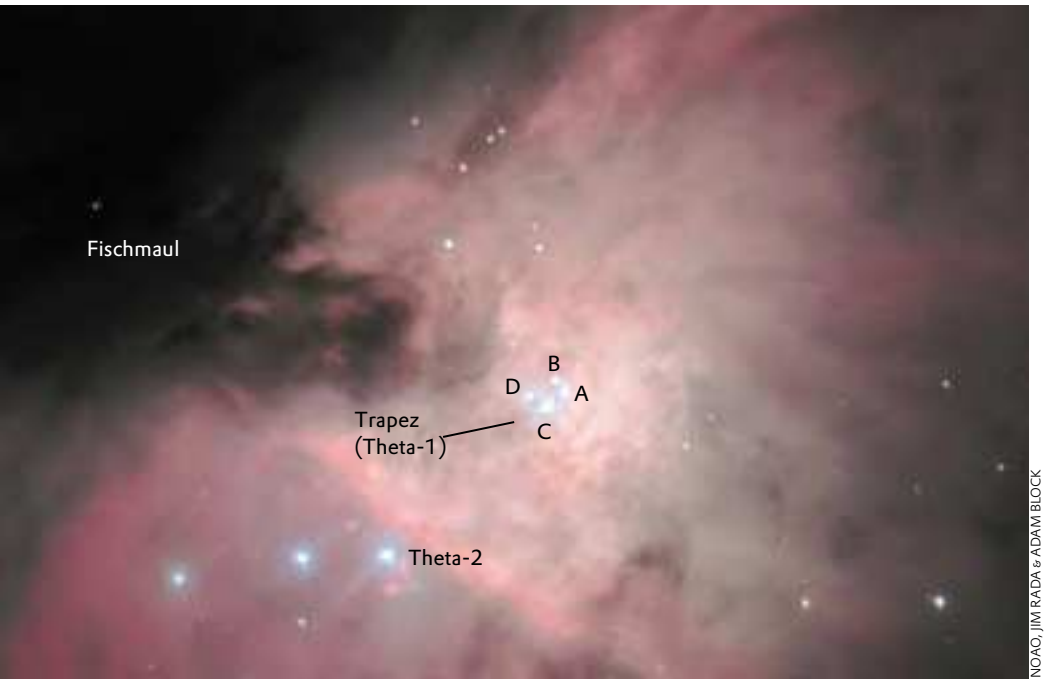
Sorgfältige Zeichnungen des Orionnebels können mit dem Detailreichtum von Fotos mithalten. Denn diese neigen dazu, das Zentrum des Nebels überzubelichten, um die schwachen Strukturen am Rand hervortreten zu lassen. Charles Messier zeichnete den Nebel im 18. Jahrhundert (links). Sue Frenchs Sicht mit einem Vier-Zoll-Refraktor (Mitte). Deutlich mehr Emission sieht Roger Clark mit seinem Achtzöller (rechts).

> lich sind als für das grüne Licht des O-III, dominiert dieses beim Blick durchs Fernrohr.

In meinem Zehnzöller erscheint das Trapez von rostroter Farbe umrandet. Einige Beobachter wollen sogar schon mit Sechszöllern (150 Millimeter Öffnung) Spuren von Rot wahrgenommen haben. Andere wiederum sehen den Nebel nur in Grauschattierungen.

Die nächste klare Nacht kommt bestimmt. Richten Sie einfach Ihr Instrument auf den Orionnebel. Welche Farben sehen Sie?

Nebel mit Innenleben Bereits bei 30facher Vergrößerung wird Theta-1 Orionis zum Trapez mit den Sternen A, B, C und D.



NOAO, JIM RADA & ADAM BLOCK

Als ob dies nicht schon genug wäre! Der unscharfe Mittelpunkt im Schwert des Orion bietet noch ein weiteres Deep-Sky-Objekt. Eine Kluft aus Staub am Fischmaul trennt M 42 von einem leuchtschwächeren Nebel im Norden. Bei dem nicht ganz so spektakulären Objekt handelt es sich um eine weitere Blase der Orion-Molekülwolke mit der Bezeichnung Messier 43 (M 43). In kleinen Fernrohren erscheint sie als schwach leuchtender Kreis, der einen hellen Stern einhüllt. In größeren Teleskopen gleicht M 43 bei mittlerer Vergrößerung einem fetten Komma oder Apostroph.

Noch mehr Leckerbissen finden Sie beim Absuchen der Umgebung des Schwerts. Südlich von ihm leuchtet blauweiß Nair al Saif, Iota Orionis (ι Ori), mit 3. Größe. Er ist ein Doppelstern, der Begleiter hat 7. Größe und ist in elf Bogensekunden Abstand bei geringer Vergrößerung sichtbar. Unweit davon steht das halbe Dutzend hellste Sterne des Haufens NGC 1980.

Nördlich von M 42 befinden sich zwei 4.- und 5.-Größe-Sterne, die in einen kleinen geisterhaften Nebel eingebettet sind: NGC 1977. Mit meinem Vierzöller kann ich ihn an einem Vorstadthimmel gerade so ausmachen (S. 45, oberhalb der Bildmitte). Sein blassblaues Leuchten kommt von der Reflexion des Sternenlichts an Staubkörnern. Unmittelbar darüber befindet sich ein loser, gut sichtbarer Sternhaufen mit der Bezeichnung NGC 1981. Ein Weitwinkelinstrument zeigt alle beschriebenen Objekte in einer einzigen atemberaubenden Zehn-Grad-Ansicht.

Nehmen Sie mich beim Wort: M 42 und die anderen Kostbarkeiten in Orions Schwert sind Höhepunkte am Himmel, die Sie immer wieder besuchen möchten, wenn Sie sie einmal gesehen haben. <<

Der astrobegeisterte Kanadier **Ken Hewitt-White** bestaunt den Orionnebel vom Süden der kanadischen Provinz British Columbia aus.

FELDSTECHERTIPP

Herschels Granatstern

Es gibt Milliarden Sterne unterschiedlichster Größe allein in unserer Galaxis. Viele davon sind mit unserer Sonne vergleichbar, einem ziemlich durchschnittlichen Stern der Hauptreihe des Hertzsprung-Russell-Diagramms (AH 5/2004, S. 26), der in die Leuchtkraftklasse der Zwerge fällt. Doch unter all den unzähligen Sternen gibt es auch etliche Riesen und unter denen wiederum wahrhafte Giganten, die in ihren Dimensionen unsere Sonne um ein Vielfaches übertreffen.

Erakis – oder My Cephei (μ Cep) –, ein Überriese, der wegen seiner intensiven roten Farbe vom englischen Astronomen William Herschel Granatstern genannt wurde, ist ein besonders beeindruckendes Exemplar dieser Art. Er ist einer der rötesten Sterne, die wir beobachten können, und einer der größten und leuchtstärksten Sonnen unserer Galaxis – groß genug, um in großen Teleskopen eine messbare Scheibe von etwa 0,02 Bogensekunden zu zeigen. Das entspricht einem Durchmesser von mehr als dem Tausendfachen unserer Sonne! Ins Zentrum unseres Planetensystems gerückt, reichte er bis zur Umlaufbahn Saturns. Auch seine Leuchtkraft ist gigantisch: Er strahlt rund eine viertelmillionmal heller als unser Zentralgestirn.

Wie andere Rote Riesen ist auch My Cephei ein Pulsationsveränderlicher. Er bläht sich mit einer unregelmäßigen Periode von etwa zwei Jahren auf. Seine scheinbare Helligkeit schwankt deshalb zwischen 3,4ter und 5,1ter Größe. Sie können diese Veränderung schon mit bloßem Auge leicht verfolgen.

Halten Sie doch bei einem Ihrer nächsten Feldstecherabende im Winter Ausschau nach diesem Titanen im Süden des Sternbilds Kepheus – er ist nicht zu übersehen. Zwar ist er im Fernglas nur ein winziger Punkt, aber in Wirklichkeit ist er einer der größten Sterne der Milchstraße. **>> Lambert Spix**

Hoch im Nordwesten bietet sich Ihnen ein Anblick wie auf diesem Foto. Der Granatstern liegt am nördlichen Rand des Nebels IC 1394.

FOTO: STEFAN SEIP

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK

Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

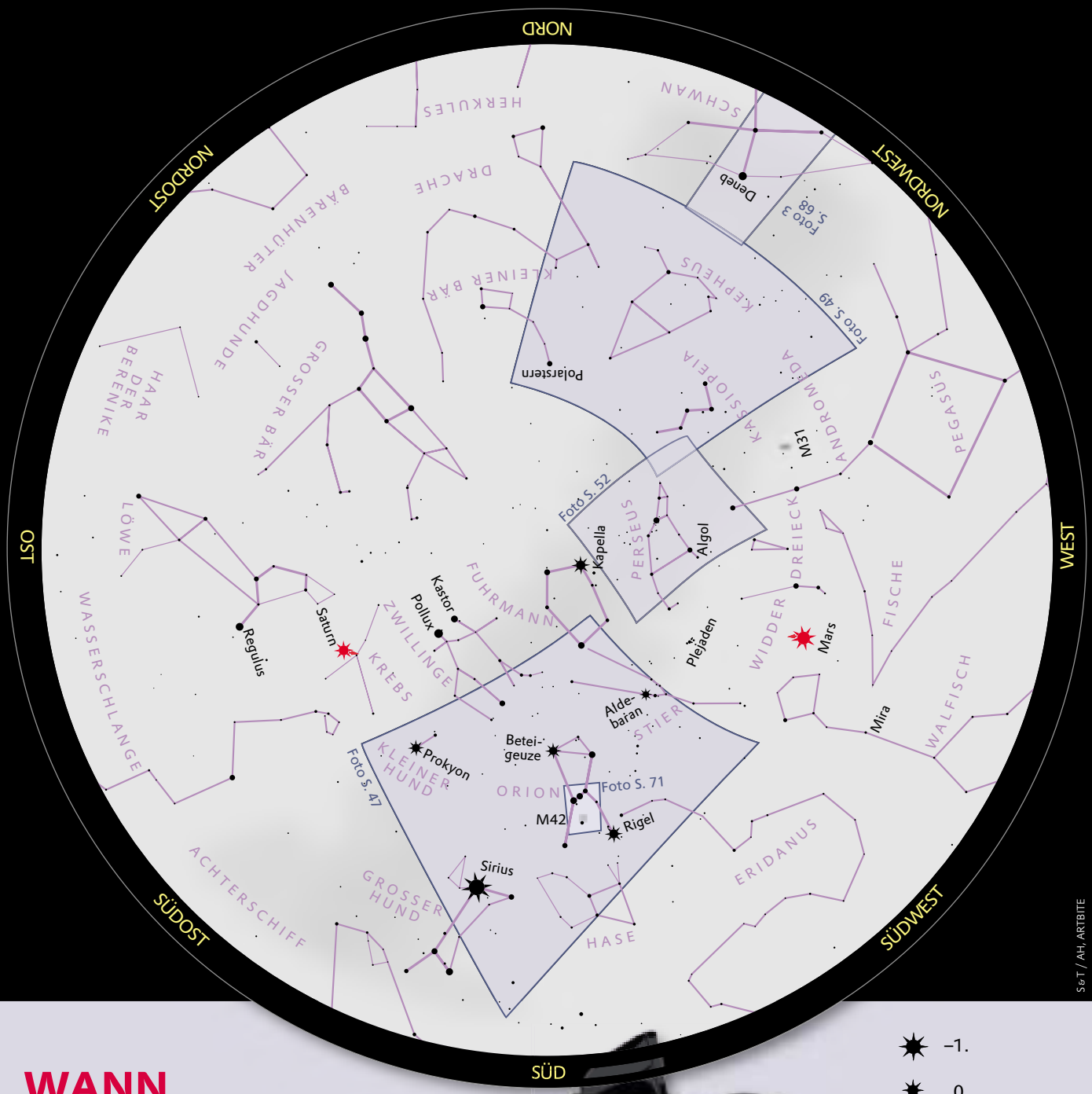
Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Lochhamer Schlag 6
D-82166 GRÄFELFING bei MÜNCHEN
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

STERNTAFEL



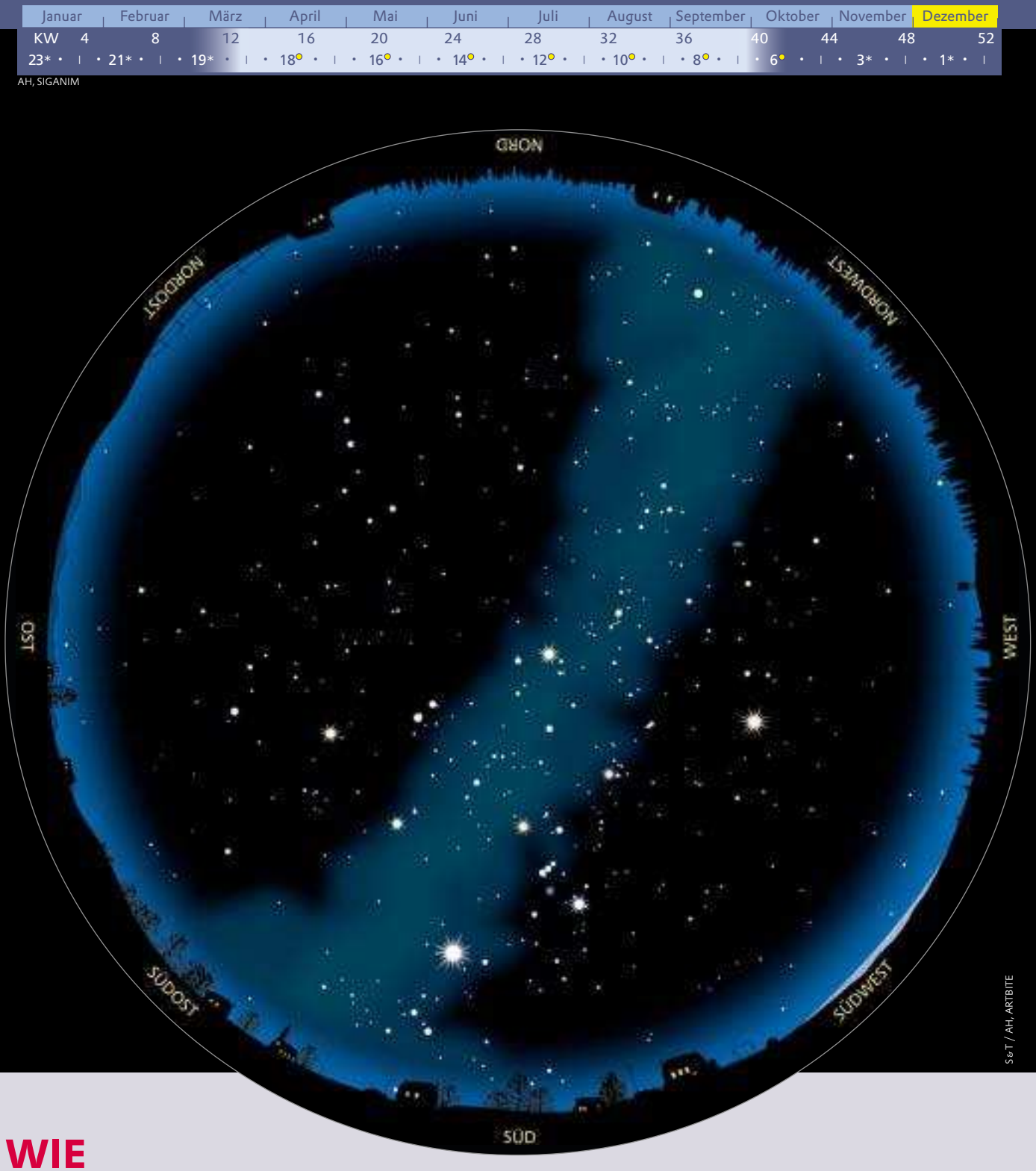
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

November, zweite Hälfte:	**2 Uhr***
Dezember, zweite Hälfte:	**0 Uhr***
Januar, zweite Hälfte:	**22 Uhr***

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



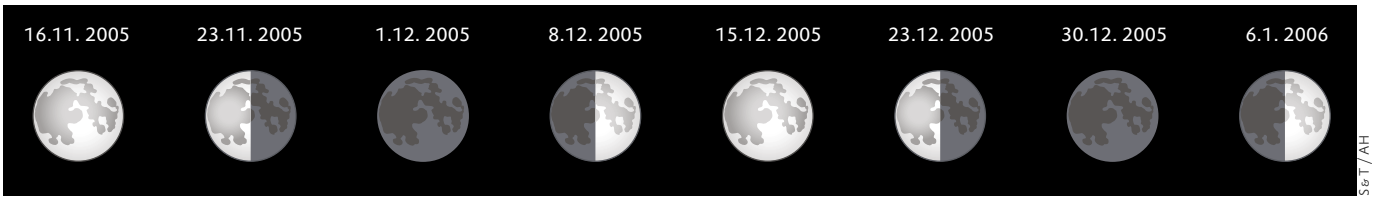
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den ganz oben angegebenen Zeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder und Namen der hellen Sterne. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Mars steht als – nach Sirius – hellstes Pünktchen am Nachthimmel hoch im Westsüdwesten. Das »Herbstviereck« des Pegasus geht im Westnordwesten gerade unter. Im Nordwesten taucht der Schwan gerade ab. Von hier aus erstreckt sich die Milchstraße über den Zenit bis zu Saturn und den Wintersternen, die gerade ihre höchste Position im Meridian erreichen.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



S & T / AH

In langen Dezembernächten

Wenn im Südosten die hellen, leicht erkennbaren Wintersterne aufsteigen, stehen am Himmel bereits andere Attraktionen, die Sie mit Feldstechern oder einem Fernrohr genießen können.

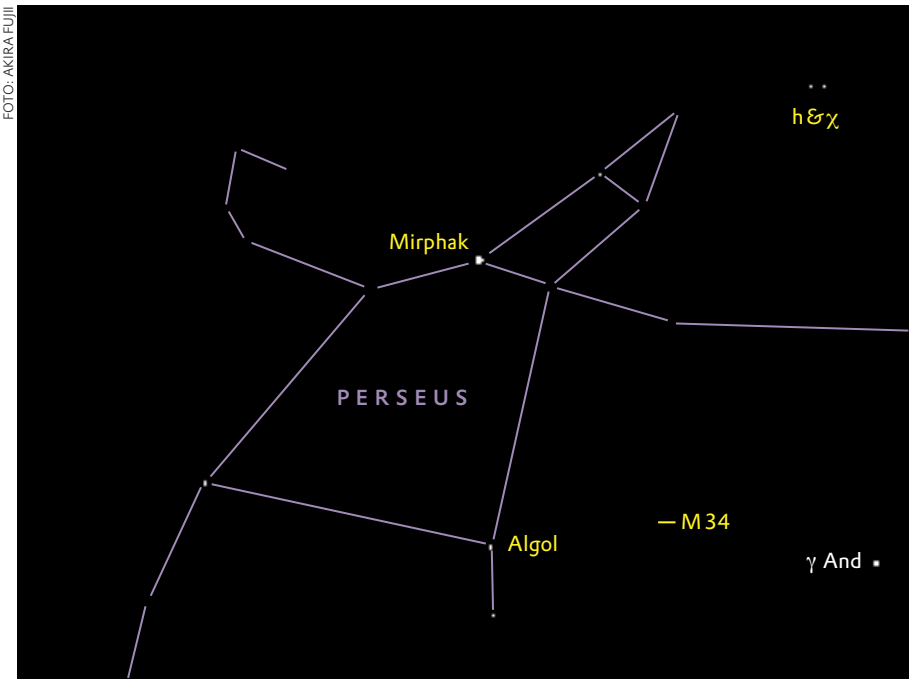
>> Fred Schaaf

Der Südosten erwacht allabendlich mit blendend hellen Sternen zum Leben und kündigt damit den Beginn des Winters an. Auf unserer Übersichtskarte (S. 50) können Sie bereits Orion, den Stier (»Taurus«), den Fuhrmann (»Auriga«), die Zwillinge (»Gemini«) und, hoch im Westen, Perseus erkennen. Diese Jahreszeit bietet auch die meisten großen Sternhaufen. Am bekanntesten sind die kompakten Plejaden und die weitläufigen Hyaden. Beide gehören zum Sternzeichen Stier, Sie finden sie hoch im Süden.

Mit bloßem Auge sehen Sie noch weitere Sternhaufen, wenn der Himmel einigermaßen frei von Störlicht ist. Eine Attraktion im Perseus ist der berühmte Doppelhaufen »h & χ Persei«. Er sieht aus wie ein Ausläufer der Milchstraße. Sie können ihn zwischen Perseus und Kassiopeia entdecken, sehr hoch im Westsüdwesten (Bild unten). Mit einem Teleskop erkennen Sie, wie sich der Haufen in zwei Schwärme aus glitzernden Sternen teilt.

Auch ohne Instrument sind rund um Mirphak (Alpha Persei, α Per) ein paar schwache Sterne erkennbar. Ein Feldstecher macht daraus eine blendend helle Sternansammlung: Melotte 20, die Alpha-Persei-Assoziation (AH 11/2005, S. 47).

FOTO: AKIRA FUJII



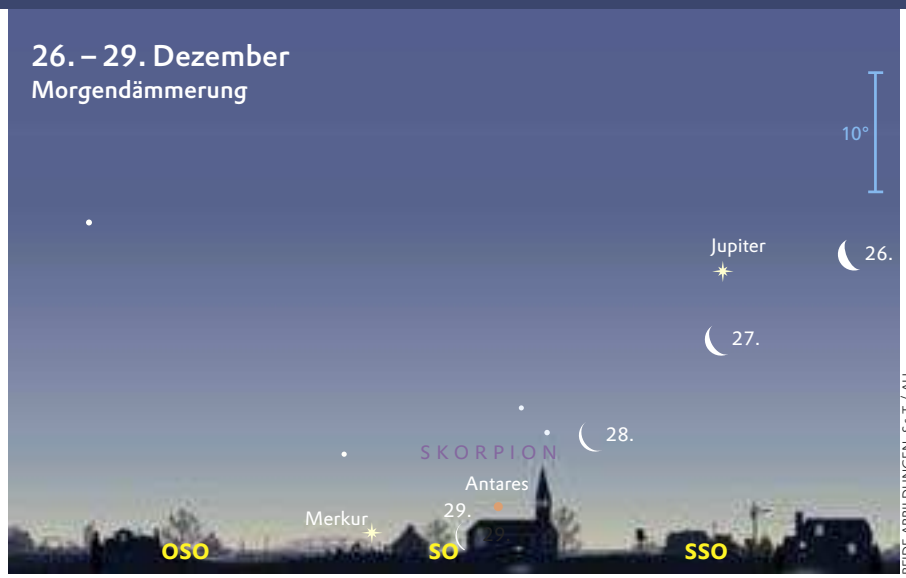
Zwischen Perseus und dem hellen Fuß der Andromeda stoßen Sie noch auf M 34. Dieser schöne, kleine Haufen lässt sich am besten mit einem Teleskop beobachten.

M 34 liegt ganz in der Nähe von Algol (Beta Persei, β Per), einem der bekanntesten veränderlichen Sternen. Ein weiterer sehr berühmter Veränderlicher ist Mira (Omicron Ceti, o Cet) im Wal am Südwesthimmel. Hinzu kommt Delta Cephei, den wir bereits letzten Monat vorgestellt haben (AH 11/2005, S. 48).

Hoch im Westen leuchtet noch die große Andromeda-Galaxie, M 31 (AH 11/2005, S. 44). Sie befindet sich knapp außerhalb von Andromedas Knie. Bei sehr dunklem Himmel können Sie die Galaxie bereits mit bloßem Auge auffinden. Sie erscheint als schwaches, längliches, diffuses Schimmern. Mit einem Feldstecher oder Fernrohr, sogar bei leichter Lichtverschmutzung, ist es einfach, ihren hell strahlenden Kern auszumachen. Für Details wie die Spiralarme brauchen Sie jedoch völlig klare Sicht und ein gutes Teleskop.

Venus erreicht zur Monatsmitte am südwestlichen Abendhimmel ihre maximale Helligkeit und Höhe (Grafik S. 53 links oben). In den letzten Wochen des Jahres versinkt sie jedoch schnell in der Dämmerung.

Wir sind Helden! So könnte sich der Doppelhaufen im Sternbild Perseus brüsten – dem sagenhaften Retter der schönen Prinzessin Andromeda.



BEIDE ABBILDUNGEN: S&T / AH

Mars ist zu Beginn des Monats noch heller als Sirius. Er wird jedoch zusehends schwächer, bis er gegen Ende des Jahres eine immer noch herausragende –0,6te Größe hat. Trotz des Helligkeitsverlusts scheint der Rote Planet am Abend noch ziemlich eindrucksvoll hoch im Süden bis Südwesten. Seine Entfernung zur Erde wird ständig größer, deshalb schrumpft sein Durchmesser während des Monats auf zwölf Bogensekunden. Dadurch wird es schwieriger, Oberflächenstrukturen zu erkennen (AH 10/2005, S. 38).

Saturn geht Anfang Dezember gegen 21 Uhr tief im Ostnordosten auf, Ende des Monats rund zwei Stunden früher. Westlich von ihm befindet sich der etwa gleich helle Stern Prokyon (Alpha Canis Minoris, α CMi). Verwechseln Sie die beiden nicht.

Jupiter scheint in der Morgendämmerung hoch im Südosten. Während des Monats steigt er jedoch langsam höher und geht immer früher auf. Ende Dezember kriecht er bereits gegen 4 Uhr über den Horizont (Grafik oben rechts). Dabei nähert er sich bis auf weniger als zwei Grad an den Doppelstern Alpha Librae an.

Merkur drückt sich in der hellen Morgendämmerung weit links unterhalb von Jupiter herum. Die günstigste Beobachtungszeit ist die zweite Dezemberwoche.

Der **Mond** steht am 4. Dezember direkt links unterhalb von Venus (Grafik oben links). Anschließend läuft er am 11. Dezember atemberaubend nahe an Mars vorbei. In der Nacht vom 18. auf den 19. Dezember befindet er sich links oberhalb von Saturn. Am Morgen des ersten Weihnachtsfeiertags scheint er bei Spika (Alpha Virginis) und am 26. und 27. Dezember läuft die abnehmende Mondsichel unterhalb von Jupiter vorbei (Bild oben rechts).

Sonnenwende ist am 21. Dezember um 19.35 Uhr: der Startschuss für den Winter auf der Nordhalbkugel.

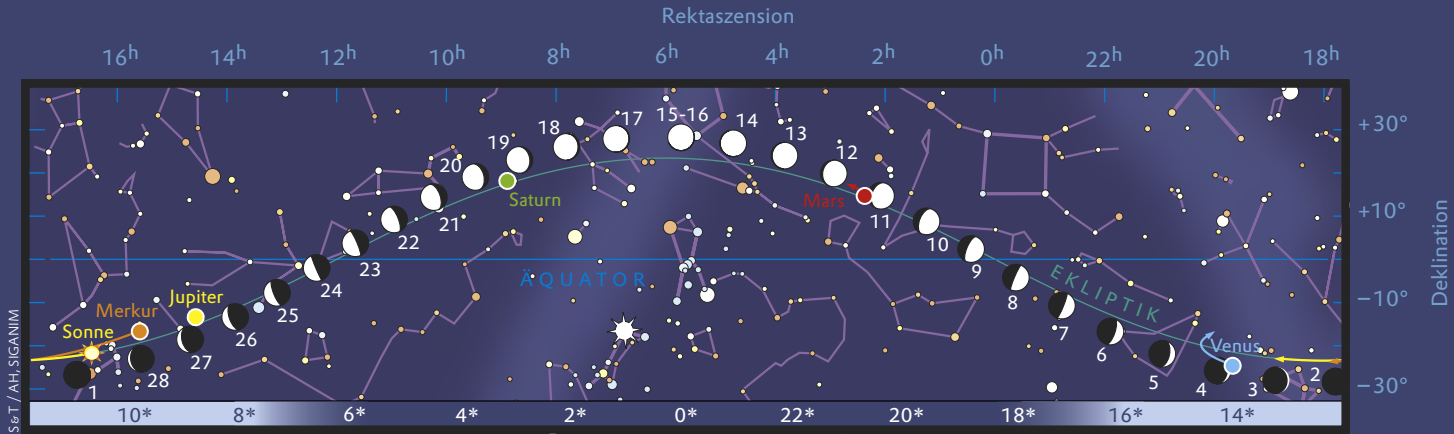
In den frühen Morgenstunden des 14. Dezember erreichen die Geminiden-Sternschnuppen ihr Aktivitätsmaximum und ein paar Tage später, am 22. Dezember, die Ursiden-Meteore. Diese sind allerdings lange nicht so spektakulär wie Erstere, auch wenn sich die Geminiden gegen den fast vollen Mond behaupten müssen. <<

Planetenweihnacht Die »großen Fünf« zeigen sich alle im Lauf des Monats – und Sie müssen für die Morgendämmerung noch nicht mal früh aufstehen!

Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 28. Dezember. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten vor den Fixsternen von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

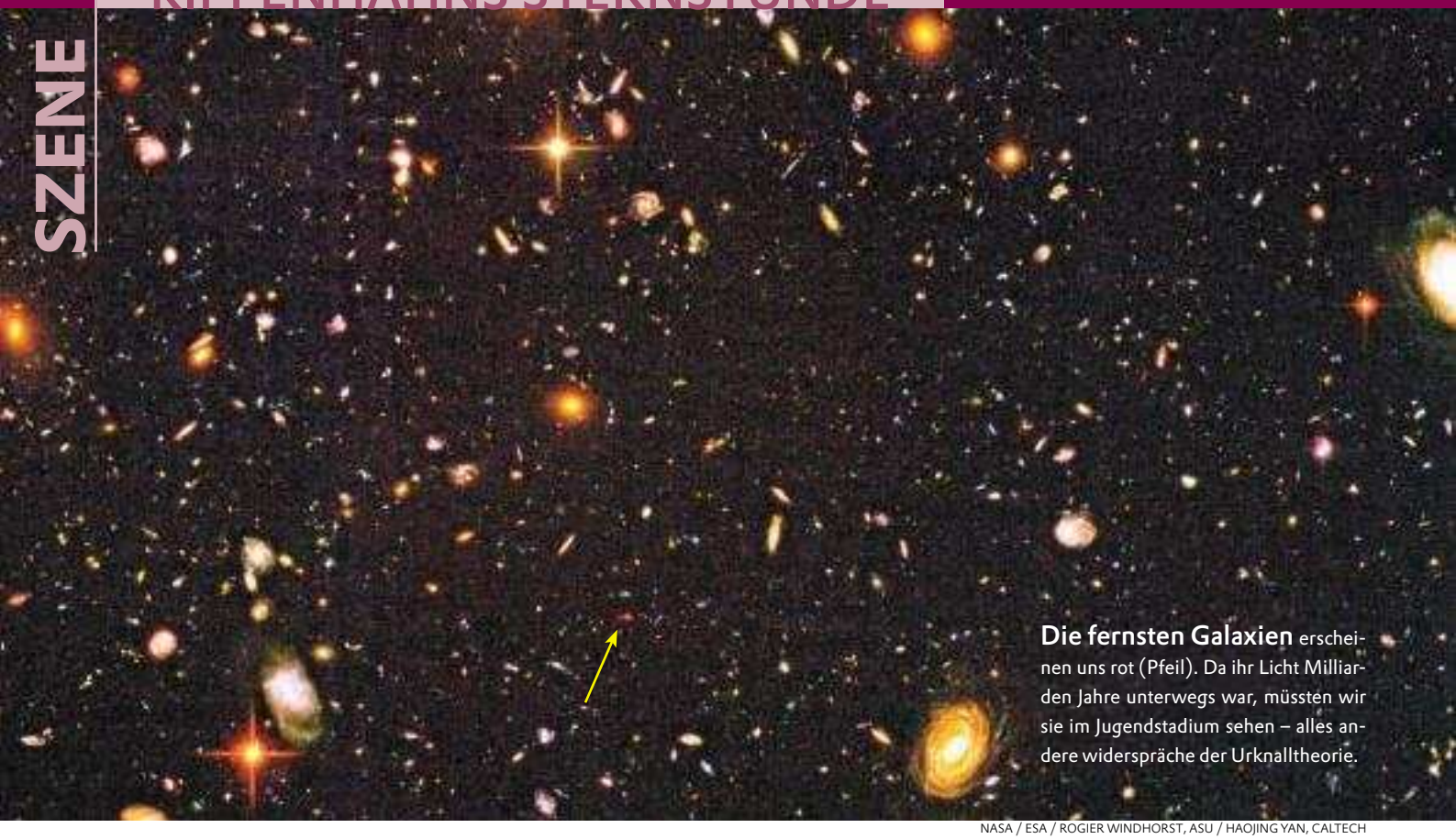
Fred Schaaf freut sich schon auf die längste Beobachtungsnacht des Jahres …

Der Mond und die Planeten im Dezember 2005



S&T / AH, SIGANIM

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.



Die fernsten Galaxien erscheinen uns rot (Pfeil). Da ihr Licht Milliarden Jahre unterwegs war, müssten wir sie im Jugendstadium sehen – alles andere widerspräche der Urknalltheorie.

NASA / ESA / ROGIER WINDHORST, ASU / HAOJING YAN, CALTECH

Was geschah damals wirklich?

Die meisten von uns glauben an die Theorie vom Urknall. Doch es gibt auch Zweifler.

>> Rudolf Kippenhahn

Kürzlich fand ich in einer populären Astronomiezeitschrift einen Leserbrief, in dem sich der Autor wunderte, dass es Menschen gibt, die an so etwas Unmögliches wie den Urknall glauben. Mit seinen Zweifeln befindet sich dieser Leser in guter Gesellschaft.

Schon vor mehr als vierzig Jahren schrieb der große englische Astrophysiker Fred Hoyle (1915–2001) darüber: »Bei dieser Vorstellung setzen wir voraus, dass zu einer bestimmten Zeit plötzlich die Gesetze der Physik Gültigkeit bekamen. Vor dieser Zeit waren sie nicht wirksam. Danach beherrschten sie das Verhalten des Universums. Der Übergang von dieser nichtphysikalischen zur physikalischen Ära geschah sehr abrupt.«

Heute gehen wir davon aus, dass das ungefähr vor 13 Milliarden Jahren gewesen sein müsste. Gegen solch einen Anfang der Welt, in dem ohne erkennbare Ursache schlagartig das Gesetzeswerk der Physik die Abläufe in der Natur bestimmen sollte, sträubt sich unser am täglichen Leben geschultes Denken – sagt uns doch die Erfahrung, dass alles eine Ursache hat. Grundlos bleibt kein Auto mitten auf der Autobahn stehen.

Streitfrage expandierendes Weltall

Zwar kann sich ein einzelnes Radiumatom plötzlich und ohne Grund in ein Atom des Edelgases Radon umwandeln, aber wer kümmert sich im täglichen Leben um ein einzelnes Radiumteilchen? Und was einem unscheinbaren Atom erlaubt ist, besagt noch nichts über die handfesten Objekte unserer Welt und erst recht nicht über das ganze Universum!

Auch heute akzeptieren nicht alle Astronomen das Bild vom Urknall. Ich denke dabei nicht nur an meinen Freund Halton Arp, den amerikanischen Astronomen, der seit Jahren in München arbeitet und der nicht an die Expansion des Weltalls glaubt. Es gibt noch mehr Zweifler. So traf sich im Sommer 2004 eine Gruppe von Urknallgegnern um den amerikanischen Plasmaphysiker Eric Lerner im portugiesischen Monção und formulierte ihre Argumente gegen die Big-Bang-Theorie, auf die deren Befürworter antworten sollten.

Eines ihrer Argumente bezieht sich auf schwache, rote Flecken, die das Hubble Space Telescope auf tagelang belichteten Bildern (oben) zeigt: die fernsten Galaxien. Ihr Licht war nahezu zwölf Milliarden Jahre zu uns unterwegs. Somit sehen wir sie, vom Urknall gerechnet, im Alter von weniger als einer Milliarde Jahren. Sind wir sicher, dass sie keine mehrere Milliarden Jahre alten Sterne enthalten?

Als Hoyle die eingangs zitierten Sätze schrieb, konnte er noch nicht ahnen, dass Astronomen wenige Jahre später die kosmische Hintergrundstrahlung entdecken

würden. Diese Mikrowellen, die aus allen Richtungen des Raums auf uns treffen, sind die seither erkaltete Strahlung des heißen Urknalls. Sie wurde bereits von dem in den USA lebenden russischen Physiker George Gamow (1904–1968; siehe auch AH Mai/Juni 2003, S. 64), einem Verfechter der Big-Bang-Theorie, und seinen Mitarbeitern vorhergesagt.

Das Bild oben rechts zeigt die gemessene kosmische Hintergrundstrahlung für einen Ausschnitt des Himmels mit Falschfarben. Dabei bedeuten verschiedene Schattierungen unterschiedliche Temperaturen. Die Schwankungen betragen einige millionstel Grad. Das Bild vom Urknall lässt eine zufällige Fleckenstruktur erwarten. Nun glauben englische Astronomen im Flickenteppich eine leichte Abweichung von dieser Zufälligkeit zu erkennen: eine schwach ausgeprägte Ausrichtung entlang einer Achse. Wenn das stimmen sollte, wie kann unser Bild vom Urknall das erklären?

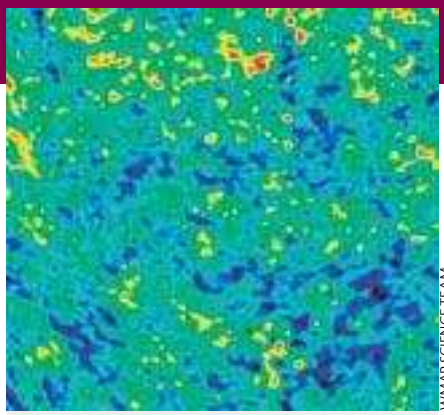
Die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung verriet uns die Geschichte eines mit einem Urknall entstandenen Universums. Danach war das Weltall früher heißer und die Strahlung, die erst im Jahr 1965 mit großer Mühe entdeckt wurde, ist inzwischen abgekühlt. In seiner frühesten Zeit bestand der Kosmos fast nur aus Strahlung und die Materie spielte eine Nebenrolle. Je weiter Sie die Geschichte des Weltalls zurückverfolgen, umso heißer und dichter ist das Strahlung-Teilchen-Gemisch, das es ausfüllt. Und umso weniger wissen wir von den physikalischen Gesetzen, die damals herrschten, ganz am Anfang der ersten Sekunde. Wir haben nicht die leiseste Ahnung, welche damals galten, ja nicht einmal, was damals Raum und Zeit bedeuteten. Unsere Welt begann mit einer Weißen Epoche, ähnlich den weißen Flecken auf den Landkarten früherer Jahrhunderte.

Deshalb kann man nicht mit Sicherheit behaupten, dass am Anfang der Welt tatsächlich ein Urknall stand, sondern nur, dass das Weltall so aussieht, als wäre es mit extrem hoher Temperatur und großer Dichte aus der Weißen Epoche hervorgegangen. So, als hätte es in einer Urexplosion begonnen. Ohne Zweifel kann das Bild vom Big Bang nicht alle beobachtbaren Erscheinungen erklären. Doch wie umfassend es ist, wird Ihnen bewusst werden, wenn Sie sich überlegen, welche Forderungen an eine Gegenhypothese zu stellen sind. Hier nur einige Beispiele: Eine alternative Theorie darf zu den Gesetzen der Physik nicht in Widerspruch stehen. Sie muss erklären, woher die Rotverschiebung in den Spektren ferner Galaxien kommt, wenn sie nicht von der Expansionsbewegung des Weltalls stammen soll; und auch, woher die Hintergrundstrahlung kommt und warum sie in der Vergangenheit heißer war.

Mehr erklären als das Urknallbild

Sie muss Aufschluss darüber geben, warum die ältesten Himmelskörper nicht älter als etwa zwölf Milliarden Jahre sind. Und sie muss erklären, warum das Mengenverhältnis von Wasserstoff zu Helium und zu Deuterium das beobachtete ist: auf zehn Wasserstoffatome ein Heliumatom, auf 30 000 Wasserstoffatome ein Deuteriumatom, so wie es das Bild vom Urknall vorhersagt.

Erst wenn sie auf all diese Fragen eine Antwort findet, ist die neue so gut wie die Urknalltheorie. Kann sie darüber hinaus noch wenigstens eine der Tatsachen erklären, die mit dem Big Bang bisher nicht zu verstehen waren, etwa wie sich aus der nahezu gleichförmigen Materie die heutigen Strukturen bilden konnten, erst dann ist sie besser. Und erst dann würde ich mir die neue Vorstellung zu Eigen machen.

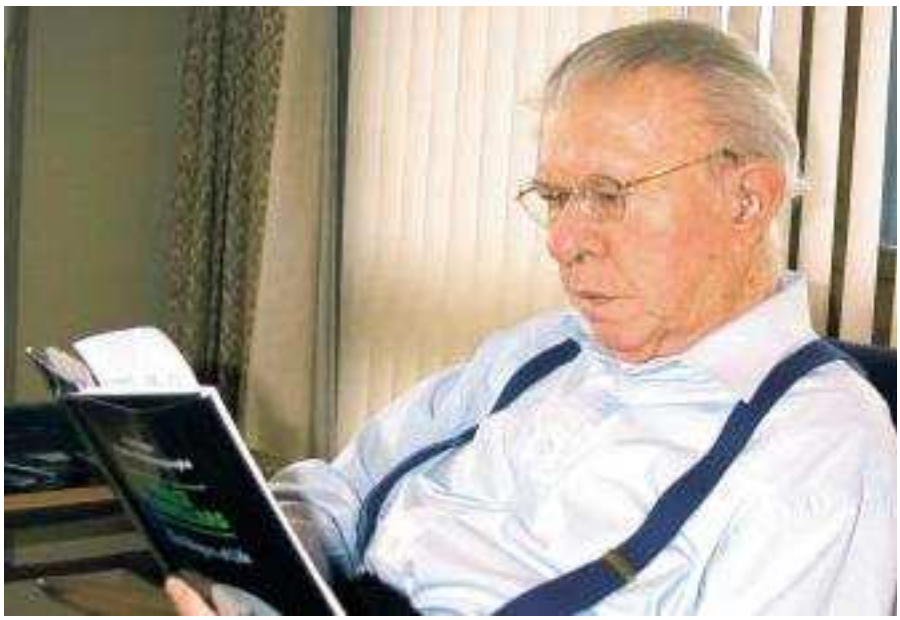


WMAP SCIENCE TEAM

Auf eine Struktur weist die Wärmeverteilung der kosmischen Hintergrundstrahlung im All hin.

Ich glaube an das Bild vom Urknall. Aber ich muss genauer erklären, was ich damit meine: Wenn ich alle Beobachtungen vom Weltall, die mir heute zur Verfügung stehen, mit unserem Wissen über die Naturgesetze zu einer widerspruchsfreien Annahme vereinige, dann komme ich zur Big-Bang-Theorie. Daher sage ich: »Es hat den Urknall gegeben.« Andernfalls wüsste ich gar nicht, was die Aussage bedeutet. Ich argumentiere so wie der vor einer Leiche stehende Kriminalkommissar. Er versucht, die ihm zur Verfügung stehenden Beobachtungen, die ihm bekannten Naturgesetze und die Regeln menschlichen Verhaltens zu einem Bild ohne Widersprüche zu vereinen. Daraus schließt er, wer der Mörder war. Was jedoch wirklich geschah, weiß er nicht, denn er war beim Mord nicht dabei – und ich nicht beim Urknall. <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.



MIT FRDL. GEN. VON CHANDRA WICKRAMASINGHE, AUS »A JOURNEY WITH FRED HOYLE«, 2005

Der britische Astronom Fred Hoyle glaubte nicht daran, dass das Universum mit einem großen Knall entstanden sei.

ALLE FOTOS: ESO

Strippenzieher über tausende Kilometer

Hoch auf den chilenischen Anden thront das Very Large Telescope (oben). Im Garchinger Hauptquartier (ganz rechts) kümmern sich die Wissenschaftler um dessen Nutzer und Instrumente.

Astrokundigen fallen beim Stichwort Eso auf Anhieb zwei Namen ein: La Silla und Paranal. Doch die Fäden laufen in Garching bei München zusammen.

>> Carolin Konermann

Zwischen Max-Planck-Instituten und Technischer Universität, in bester wissenschaftlicher Gesellschaft, befindet sich nördlich von München das Hauptquartier der Europäischen Südsternwarte. Die ist vor allem für ihre chilenischen Standorte La Silla und Paranal berühmt. In Garching, wo Luft- und Lichtverschmutzung der nahen Landeshauptstadt Teleskopbeobachtungen nahezu unmöglich machen, koordinieren Wissenschaftler die Arbeit der Observatorien, die tausende Kilometer entfernt in die klarsten Nachthimmel blicken.

1962 schlossen sich die Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, die Niederlande und Schweden zur Europäischen Organisation für Astronomische Forschung, kurz Eso für »European Southern Observatory«, zusammen. Sie wollten ihren Astronomen eine Sternwarte einrichten, von der aus die Nordeuropäer den Südhimmel studieren konnten. Das Konzept kam gut an: Über die Jahre traten auch Dänemark, Italien, die Schweiz, Portugal, Großbritannien und Finnland bei, zahlreiche weitere Länder haben sich um Aufnahme beworben.

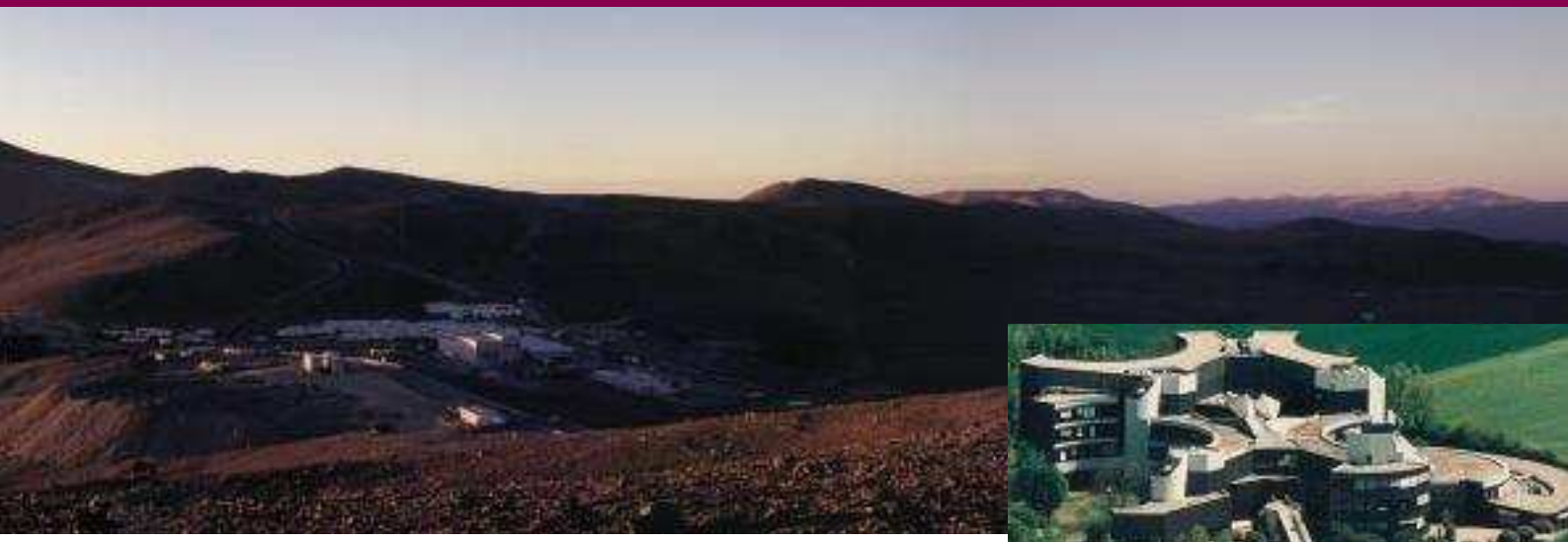
Vor dem Transport nach Chile wird jedes Instrument in Garching getestet.

»Es bot sich an, die Schaltzentrale publikumsnah in Zentraleuropa anzusiedeln«, sagt die heutige Eso-Generaldirektorin Catherine Cesarsky. Am Standort München sei gewissermaßen ihr Heimatland schuld, erklärt die gebürtige Französin: Anfangs hatte die Südsternwarte einige Gebäude beim Kernforschungszentrum Cern im schweizerischen Genf genutzt. »Cern gab der Eso Starthilfe, versorgte sie mit Räumlichkeiten und half auch mit Ingenieuren aus. Doch diese Unterkunft war nur eine Übergangslösung«, so Cesarsky.

1980 musste die Eso dort weg, erzählt sie weiter, »und man hoffte auf ein Angebot der französischen Regierung, in der Gegend zu bleiben. Doch das blieb aus; dafür lud Deutschland nach Garching ein.« Das moderne Gebäude am heutigen Standort ist ein Geschenk der Bundesrepublik.

Elegante Residenz

Und zwar ein recht nobles, das die Architekten Fehling & Gogel über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt machte. Es besitzt einen eigenwilligen Grundriss, zusammengesetzt aus Kreisbogensegmenten und Balkenformen, die eine Art stark verfremdetes vierblättriges Kleeblatt bilden. Über eine lange Rampe erreicht der Besucher den Haupteingang des weiß-anthrazit-farbenen Bauwerks. Innen setzt sich die verwinkelte Geometrie fort. Strahlend weiße Mauerabsätze heben sich gegen die hellen Brauntöne von Fußboden und gemauerten Sitzecken ab, durch Oberlichter flutet aus unerwarteten Winkeln das



Sonnenlicht in die Eingangshalle. Aus dieser gehen mehrere in der Höhe leicht gegeneinander versetzte Gänge zu den Seiten ab.

Wer hier arbeitet, gehört zur wissenschaftlichen Elite. Cesarsky weiß, warum sie auf ihre Mannschaft so große Stücke hält: »Die Leute sind ungeheuer engagiert, jeder hier arbeitet sehr hart. Das kommt vom Enthusiasmus: Sie lieben es, den Himmel und das Universum zu studieren.«

Ausstattung aus der Ferne

Gero Rupprecht entwickelt hier Instrumentierung für die Teleskope der Observatorien. Der Unterstellung, dass man so weit von diesen entfernt doch nicht viel am Equipment verbessern könne, widerspricht der Instrumentwissenschaftler vehement. »Von der Idee bis zur Fertigstellung eines Instruments findet fast alles bei uns in Garching statt«, stellt er klar. Erst wenn das fertig gebaute Gerät alle Tests in den Eso-Werkstätten überstanden hat, kommt es »auf den Berg«.

Auf den Berg, das ist aktuell nur eines der Observatorien. »Für La Silla bauen wir fast nichts mehr«, informiert Cesarsky. »Für Paranal hingegen gibt es eine Menge zu tun.« Die Teleskopabteilung vervollständigt gerade das erste von vier Zusatzgeräten für das Very Large Telescope (VLT), dem derzeitigen Flaggschiff der Organisation. Gleichzeitig arbeiten Rupprecht und seine Kollegen schon an ganz neuen Projekten – ambitionierten Großvorhaben, deren Namen Programm sind. Das Atacama Large Millimeter Array (Alma), eine Radiosternwarte aus fünfzig oder mehr zusammenschaltbaren Zwölf-Meter-Spiegeln, ist bereits im Bau. »Nach Alma wollen wir ein ELT angehen, ein Extremely Large Telescope«, plant Cesarsky. OWL heißt die Eso-Variante dieser gemeinsamen Vision mehrerer europäischer Institutionen: Overwhelmingly Large Telescope – nicht nur »extrem«, sondern »überwältigend groß«.

Haben sich die Instrumente in der Praxis bewährt, kommen in Garching Monika Petr-Gotzens und ihr Team zum Zug. »Wir betreuen die Wissenschaftler, die mit den Eso-Instrumenten beobachten wollen«, fasst sie ihre Aufgabe zusammen. End-to-end-observing-service heißt das im Sprachgebrauch der Eso: Von Beginn bis zum Schluss versuchen die Mitarbeiter ihre Forscherkollegen zu unterstützen. Das beginnt schon mit der Beratung bei der Auswahl der erforderlichen Instrumente und der Beobachtungstaktik.

Danach müssen nach den Vorgaben der Wissenschaftler Computerprogramme geschrieben und die Beobachtungen vorbereitet werden – und bei Bedarf sogar durchgeführt. »Meist beobachten die Astronomen nur selbst, wenn etwa eine besonders komplizierte Beobachtungsstrategie erforderlich ist oder sie eigene Filter mitbringen«, berichtet Petr-Gotzens. Ansonsten führt das Eso-Personal am VLT die Beobachtungen nach den genauen Angaben der Astronomen durch. Automatisierte Programme verarbeiten, selektieren und reduzieren schließlich in Garching die Beobachtungsergebnisse, sodass der Forscher zum Schluss nur noch ein handliches Paket mit allen Ergebnissen und Kalibrierungsdaten auf einer Hand voll CDs oder DVDs erhält.

Bei der Beratung greifen Petr-Gotzens und ihre Kollegen in erster Linie auf die eigene astronomische Erfahrung zurück. »Fünfzig Prozent der Arbeitszeit muss jeder von uns für Dienstleistungen aufwenden«, erläutert die Astronomin, die sich auf Sternentstehung spezialisiert hat, »die andere Hälfte steht uns für eigene Projekte und Beobachtungen zur Verfügung.«

Diplomatische Aufgabe

Rund 270 der insgesamt etwa 550 Eso-Angestellten haben im Garchinger Hauptquartier ihre Büros. Hinzu kommen das Astronomiearchiv sowie die europäische Koordinierungsstelle für das Hubble-Weltraumteleskop, ST-ECF.

Für Cesarsky steht das Zusammenspiel all dieser Abteilungen im Vordergrund. »Wir versuchen, uns um alle Aspekte zu kümmern, die mit dem Beobachten zusammenhängen – von der Hilfe für die Astronomen bis dahin, die besten Strategien für die Astronomie Europas zu entwickeln.« Dabei immer den richtigen Weg zu finden sei nicht einfach, erklärt sie, denn die Interessen der beteiligten Länder gingen schon einmal auseinander: »So muss ich es nicht einem Chef rechtmachen, sondern elf Ministern – und das erfordert eine Menge Diplomatie!« <<

Carolin Konermann ließ sich von der ungewöhnlichen Architektur des Garchinger Eso-Gebäudes beeindrucken.

AH, CAROLIN KONERMANN

INTERVIEW

Catherine Cesarsky leitet seit 1999 die Europäische Südsternwarte als Generaldirektorin. Die in Argentinien aufgewachsene Französin, Jahrgang 1943, bringt für die Astronomie großen Einsatz – in Forschung, Management und Politik.

ASTRONOMIE HEUTE: Frau Dr. Cesarsky, wie kommt man an die Spitze einer Organisation wie der Eso?

Dr. Cesarsky: Ich habe es nie darauf angelegt, Eso-Chefin zu werden. Bevor ich zur Europäischen Südsternwarte kam, hatte ich bereits mehrere Führungspositionen durchlaufen. Insbesondere meine Zeit als Leiterin des Direktorats für Grundlagenforschung im Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) in Frankreich hat mich da enorm weitergebracht: Dadurch habe ich – für einen Astronomen – sehr viel Managementerfahrung gewonnen. Dazu habe ich einen soliden wissenschaftlichen Hintergrund als theoretische und Astrophysikerin. Vermutlich war es diese Kombination, die den Eso-Rat veranlasst hat, mir die Stelle anzubieten.

AH: Sie sind ursprünglich theoretische Physikerin. Wie hat es Sie in die Astronomie verschlagen?

CC: Als ich im CEA in einem Astrolabor arbeitete, begann mich die praktische Seite immer mehr zu interessieren. Ich half bei der Entwicklung des Satelliten Iso, den die Esa 1995 startete, und wurde leitende Wissenschaftlerin für dessen Infrarotkamera Isocam. Es war hochinteressant, zusammen mit den Astronomen die wissenschaftlichen Experimente dafür vorzubereiten. Doch als es daran ging, die Ergebnisse auszuwerten, war ich schon zur Leiterin des Direktorats für Grundlagenforschung aufgestiegen, da konnte ich für Isocam kaum Zeit erübrigen. Schade, denn wir erhielten damals tolle Resultate.

AH: Jetzt am Eso haben Sie sicher keine Zeit für eigene Forschung.

CC: Das stimmt leider – insbesondere wegen unserem aktuellen Großprojekt Alma. Aber ich denke, mit dem nächsten Job ändert sich das wieder. Meinen Appetit auf Forschung habe ich noch längst nicht verloren.

AH: Was hat Sie an dem Amt gereizt?

CC: Als das Auswahlkomitee mir 1999 die Stelle antrug, erlebte die Astronomie gerade einen Boom. Insbesondere die Eso befand sich in einer sehr spannenden Phase: Das VLT wurde in den Grundzügen fertig gestellt, und Paranal war eben eingeweiht worden. Mich reizte zudem die Vorstellung, häufig nach Südamerika reisen zu können. Dort habe ich meine Kindheit verbracht, danach hatte ich kaum Gelegenheit hinzufahren. Und außerdem liebe ich Veränderungen.

AH: Ist es nicht toll, jetzt an der Quelle der wissenschaftlichen Durchbrüche zu sitzen?

CC: Ich bin keineswegs die Erste, die alle Ergebnisse zu Gesicht bekommt. Wenn jemand Zeit am Teleskop bekommt, gehören die Daten ihm, zumindest für ein Jahr. Danach werden sie öffentlich. Wenn mich ein spezielles Thema interessiert, berichten mir die entsprechenden Wissenschaftler natürlich gerne davon. Außerdem bekomme ich all die streng vertraulichen Anträge auf den Tisch, mit denen die Astronomen sich um Beobachtungszeit bewerben. Ich sehe also, was die Forscher planen. Natürlich genieße ich es trotzdem, all diese Entwicklungen in der Astronomie zu verfolgen und später die Ergebnisse zu sehen – wenn auch mit ähnlicher Verzögerung wie alle anderen.

AH: Ihr Mann ist ebenfalls Astronom. Haben Sie Projekte zusammen bearbeitet?

CC: Ja. Wir haben uns an der Universität in Buenos Aires kennen gelernt und dort geheiratet. Als wir dann zusammen in Harvard promovierten, mein Mann in Radioastronomie und ich in theoretischer Physik, habe ich mich ein wenig bei seiner Arbeit eingebracht – ebenso wie danach am California Institute of Technology (Caltech), wo wir beide als Postdocs anfingen. So hatten wir in diesen frühen Jahren nicht nur ein Kind zusammen, sondern auch mehrere Publikationen.

AH: Inzwischen haben Sie zwei Söhne. Haben Sie mit denen die Observatorien besucht?

CC: Paranal haben sie noch nicht gesehen. Aber Sternwarten kennen sie aus ihrer Kindheit gut: Am Observatorium von Nancay in Sologne (Frankreich), wo mein Mann früher gearbeitet hat, haben sie viele Wochenenden in der Nähe von Radioteleskopen verbracht.

AH: Sie waren eine Zeit lang sogar in der Politik.

CC: Ich habe einigen Beraterkomitees in Frankreich angehört. Sicher, das ist Politik – aber nicht wie ein Politikerjob. Man greift nicht direkt in das Geschehen ein; es ging stattdessen vor allem darum, Minister in wissenschaftlichen Fragen zu beraten und auf dem Laufenden zu halten. Inzwischen bin ich auch Mitglied im Beratergremium der Europäischen Kommission, im European Research Advisory Board (Eurab).

AH: Auch mit Medien hatten Sie viel zu tun …

CC: Astronomie zu vermitteln ist mir ein wichtiges Anliegen.

AH: … und nun beschweren sich viele, dass Europa viel zu wenig tut, um die Öffentlichkeit für Astronomie und Raumfahrt zu interessieren.

CC: Das stimmt – ich beschäftige mich nun schon seit einer ganzen Weile mit der Astronomie und sehe immer wieder große Lücken. Nehmen Sie den Iso-Satelliten: Wissenschaftlich war das Projekt großartig, aber in Sachen PR ein Desaster. Da ist es vorprogrammiert, dass die Öffentlichkeit so ein wichtiges Projekt überhaupt nicht wahrnimmt. In all meinen Ämtern achte ich auf gute Öffentlichkeitsarbeit. Insbesondere als designierte Präsidentin der Internationalen Astronomischen Gemeinschaft (IAU) werde ich hoffentlich einiges voranbringen. Wir setzen alles daran, dass die Unesco 2009 zum Jahr der Astronomie erklärt – dann wird diese hoffentlich weltweit zum Thema. <<

Das Interview führte **Carolin Konermann**.

FOTOS DIESER DOPPELSEITE: JÖRG GOLDHOFER

Dunstschwaden umwabern die untergehende Sonne und dämpfen das Licht. Genau die richtige Atmosphäre – das lange Warten auf den passenden Moment hat sich gelohnt.

Kirchturmtransit

Wo die Sonne am Horizont versinken wird, lässt sich berechnen. So gelingen schönste Fotoserien. **>> Jörg Goldhofer**

Ein Besuch auf der Münchener Sternwarte und die damals bevorstehende Sonnenfinsternis brachten mich 1999 auf die Idee, ein Teleskop zu kaufen. Nach langem Überlegen erschien mir ein Acht-Zoll-Newton mit 1200 Millimeter Brennweite als beste Wahl. Die totale Sonnenfinsternis sowie der Merkur- und Venustransit haben mich sehr beeindruckt. Ich fand es viel interessanter, Objekte in Bewegung zu beobachten als die kaum sichtbaren Motive des Deep Sky.

Da Transits selten sind, kam ich auf die Idee, andere Objekte ins Spiel zu bringen. Nachdem ich schon einigen Flugzeugen aufgelauert hatte, die vor der Sonne vorbeizogen, bot sich auf einer Italienreise ein neues Ziel. Zufällig war ich zur rechten Zeit am rechten Ort, und die Sonne ging genau hinter dem Markusplatz in Venedig unter. Die Uferpromenade des Lido bot genügend Spielraum und so konnte ich die Sonne genau hinter der Spitze des Campanile platzieren (Foto rechts).

Wilde Jagd zum Sonnenuntergang

Leider waren die Lichtverhältnisse bei meinen Aufnahmen nicht gut, außerdem fotografierte ich ohne Stativ und nur mit einem 300-Millimeter-Teleobjektiv. Wieder zu Hause in Holzkirchen, stellte ich mit Hilfe des Computerprogramms Redshift fest, auf welcher Position die Sonne in den nächsten Wochen untergehen würde. Die Gradangaben übertrug ich auf eine Landkarte im Maßstab 1 : 25 000. Dann galt es, auf der Linie durch unseren Kirchturm einen geeigneten Standort zu finden.

Also machte ich mich am 29. Mai per Mountainbike auf den Weg Richtung Südosten. In der Nähe von Schmidham, etwa 4,5 Kilometer vom Kirchturm entfernt, wurde ich schließlich fündig. Ein gut vierhundert Meter langer Feldweg bot ein Zeitfenster von etwa zweimal drei Wochen (vor und nach der Sonnenwende), um den Sonnenuntergang hinter dem Kirchturm St. Laurentius zu beobachten. Der Weg war auch nicht für den öffentlichen Verkehr gesperrt, sodass mir viel Schlepperei erspart bleiben sollte.

Wie es der Teufel so will, war das Wetter bei meiner Erkundung ideal, ich aber nur mit einem Fernglas bewaffnet. Nun folgte eine dreiwöchige Jagd mit täglich wechselndem Beobachtungspunkt, da die Sonne immer weiter nach Nordwesten wanderte. Meistens spielte das Wetter nicht mit. Entweder war es so schlecht, dass ich mir die Anfahrt sparen konnte, oder die Wolken brauten sich im letzten Moment zusammen und die Sonnenscheibe war dahinter kaum zu sehen.

Mein täglich wechselnder Standort führte ebenfalls zu Schwierigkeiten. Ich hatte mir zwar mit Hilfe von Redshift mehrere Keile aus Karton geschnitten, um Horizont, Sonne und Kirchturm anzupeilen. Doch hundertprozentig ließ sich Helios' Kontakt mit dem Horizont nicht vorhersagen. Ein Positionswechsel im letzten Moment brachte auch nur Hektik und verdarb die Bilderserie. Dabei bot die leichte Rockerbox bei der Aufstellung als Dobson erhebliche Vorteile gegenüber einer schweren Äquatorialmontierung. Ab und zu kam mir ein Baum oder Strommast in die Quere. An den ins Bild hängenden Stromleitungen störte ich mich schon gar nicht mehr.

Sportcoupé im Schlamm

Ich kämpfte noch mit einem anderen Problem: Ein neuer Zwei-Zoll-Okularauszug und der ebenfalls neue 8×50-Sucher samt Quick Release III hatten den Dobson sehr kopflastig gemacht; und wenn ich dann auch noch die Digitalkamera samt TS-Klemme am Okular befestigt hatte, ging nichts mehr. Zusatzgewichte am anderen Ende schufen schließlich Abhilfe.

Da man mit dem waagerecht stehenden Dobson sozusagen aus der Hüfte schießt, ergaben sich neue Hindernisse. Der Feldweg folgte dem leicht hügeligen Gelände und jetzt wurde das Gras immer höher, hier hatte der Bauer leider noch nicht gemäht. Der Wind bewegte die Spitzen der ins Bild ragenden Grashalme hin und her, und durch das Teleskop bot sich ein Anblick, als würde man über eine Heizung hinweg fotografieren. Der Dobson stand zu tief, und ab morgen würde ich noch ein Teil mehr für meine Exkursion brauchen, um das Teleskop höher zu platzieren.

Die Liste der Ausrüstungsgegenstände, die ich jeden Abend ins Auto verfrachtete, wurde immer länger. Doch schon bald blieb das Teleskop auf der Rücksitzbank, die Rockerbox übernachtete auf dem Beifahrersitz und Klappstuhl, Fotoequipment und Zubehör füllten den Kofferraum unseres Sportcoupés, das schon so dreckig wie ein Geländewagen war. Die tägliche Schlepperei in die Tiefgarage hatte ein Ende, aber meine Familie begann zu meutern. Inzwischen machte ich ähnliche Erfahrungen wie Michael Smith (»Kontakte unter dem Sternhimmel«, AH 12/2004 S. 59), denn schon hatte der zweite Landwirt seinen Traktor geparkt und neugierig gefragt, was ich denn da vermessen würde.

Drei Wochen waren schon um, der Feldweg fast zu Ende und am 21. Juni kam die Sonne zum Stillstand. Der Himmel war wolkenlos, aber ausgerechnet an diesem Tag konnte ich meine Kameraden vom Schützenverein nicht im Stich lassen. Den Termin hatte ich schon vor Wochen zugesagt, und so saß ich am Schliersee, sah die Sonne untergehen und um Mitternacht stand der Vollmond malerisch über der Brecherspitze. Von nun an müsste alles leichter werden, denn ich hatte die bisherigen Standorte dokumentiert und würde bei meinem täglichen Umzug nicht mehr so weit danebenliegen. Etwas lustlos und frustriert machte ich mich am nächsten Tag wieder auf den Weg, und endlich sollte ich zu meiner lange geplanten Fotoserie kommen. Der Standort war perfekt und die Sonne schien durch eine leichte Dunstschicht, die das grelle Licht gut dämpfte. Vorsorglich hatte ich mir noch eine Blende gebastelt, um die Öffnung zu reduzieren – Licht gab es ja genug – und so mehr Tiefenschärfe zu erreichen. Schließlich galt es, gleichzeitig auf einen nur 4,5 Kilometer entfernten Kirchturm sowie die Sonne in 150 Millionen Kilometern zu fokussieren.

Da für die Baader-Filterfolie die Lichtintensität in Horizontnähe meistens nicht mehr ausreicht, verzichtete ich auf den Sonnenschutz. Die mit einer Klemme am Okular befestigte Digitalkamera (Minolta Dimage S414) bot die Möglichkeit, über den Monitor gefahrlos zu beobachten (ja nicht durch den Sucher schauen!) – und der Chip hat es auch überlebt.

Immer auf der Suche

Um bloß nicht zu verwackeln, schoss ich per Selbstauslöser in etwa fünf Minuten eine Serie von 18 Fotos. Jedes zweite davon verarbeitete ich noch am selben Abend mit Photoshop Elements zu einer Montage. Der Aufwand war es wert. Wie immer bei solchen Aktionen ist man so mit dem Fotografieren beschäftigt, dass für den realen Sonnenuntergang kein Blick übrig bleibt.

Auf meinen Radtouren mit der Familie ertappe ich mich nun immer wieder dabei, wie ich den Horizont nach geeigneten Objekten absuche und sie mit dem Digitalkompass anpeile. Denn das Ganze funktioniert auch umgekehrt, indem man für einen Standort mit Hilfe von Redshift das passende Datum ermittelt. <<

Jörg Goldhofer nutzt beim Fotografieren seine Erfahrung als Kartograf und Sportschütze.

Der Campanile, der allein stehende Glockenturm der Markuskirche in Venedig, inspirierte den Autor zum ersten »künstlichen Transit«.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Dichterfreunde Goethe und Schiller vor dem Nationaltheater in Weimar

Sterngucken mit Goethe

Die beiden Dichterfürsten der deutschen Klassik trafen sich manchmal zu einer »Star Party«. **>> Christian Wolter**

Der 11. Februar 1800 war in Weimar ein herrlicher, aber kalter Wintertag. Trotz des schönen Wetters saß Friedrich Schiller in seiner Stube, in der es wie üblich nach fauligen Äpfeln roch. Gerade schrieb der 40-jährige Dichter an der Bühnenfassung von Shakespeares »Macbeth«, als eine kurze Nachricht seines Freundes Goethe eintraf: »Um sieben Uhr, da der Mond aufgeht, sind Sie zu einer astronomischen Partie eingeladen, den Mond und den Saturn zu betrachten; denn es finden sich heute Abend drei Teleskope in meinem Hause.«

Eines dieser Geräte, vermutlich das leistungsfähigste von den dreien, war ein siebenfüßiger Newton nach Herschel'scher Bauart (siehe Kasten rechts). Drei Tage vorher hatte es Goethe, Minister am Hof von Herzog Carl August in Weimar, von seinem Freund Karl Ludwig von Knebel erhalten und in sein Gartenhaus gebracht. Wenig später hielt er fest: »Das Teleskop ist nun aufgestellt und sein schönes äußeres Ansehen ist lockend, sodass man auch seine inneren Tugenden wünscht kennen zu lernen.« Aber offenbar war das Instrument dejustiert: »Den Mond zeigt es köstlich, mit den Planeten will es aber noch nicht ganz gelingen.« Selbst ein herbeigerufener Mechaniker konnte das Abbildungsvermögen nicht verbessern.

Schöne Damen im Observatorium

Im Frühjahr und Sommer stand Goethe mehr als einmal in seinem Garten und schaute durchs Okular. »Ich beobachtete nun einzeln mehrere Mondwechsel«, berichtet er, »und machte mich mit den bedeutendsten Lichtgränzen bekannt, wodurch ich denn einen guten Begriff von dem Relief der Mondoberfläche erhielt … Es erregt die merkwürdigsten Gefühle, wenn man einen so weit entfernten Gegenstand sich so nahe gerückt sieht, wenn es uns möglich wird, den Zustand eines 50 000 Meilen von uns entfernten Körpers mit so viel Klarheit einzusehen. Schröters Selenotopografische Fragmente (die zu jener Zeit präziseste Mondkarte) sind dabei ein sehr schätzbares und unentbehrliches Hilfsmittel.«

Von Mitte Februar an litt der kränkelnde Schiller sechs Wochen unter Fieber und Husten. Am 10. April lud Goethe den gerade Genesenen erneut ein: »Es

In Nord-Süd-Richtung angelegt wurde die Sternwarte in Jena. Diese entstand als Anbau an das Schiller'sche Gartenhaus.

war eine Zeit, wo man den Mond nur empfinden wollte, jetzt will man ihn sehen. Ich wünsche, dass es recht viele Neugierige geben möge, damit wir die schönen Damen nach und nach in unser Observatorium locken.«

Letztlich fand der Dichterfürst so großen Gefallen an dem Siebenfüßer, dass er ihn in jenem Sommer für die Herzogliche Bibliothek in Weimar erwarb: Er zahlte die stattliche Summe von 400 Reichstalern (Schuhe kosteten damals etwa einen, ein Anzug rund zehn Taler).

Schillers Gartenhaus

Im Jahr 1811 beschloss Herzog Carl August, in Jena eine Sternwarte zu gründen. Sie wurde nicht der Universität angegliedert, sondern unterstand als Herzogliche Sternwarte zu Jena den Anstalten für Wissenschaft und Kunst. Somit lag sie im Verantwortungsbereich Goethes, der sie auf einer kleinen Anhöhe außerhalb der Stadt errichten ließ. Auf dieser hatte Friedrich Schiller 1797 für 1150 Taler ein Grundstück samt einem Gartenhaus gekauft. Dort verbrachte er die Sommermonate der beiden folgenden Jahre und schrieb wesentliche Teile seines Dramas »Wallenstein«, bei dem auch die Astrologie eine wichtige Rolle spielte. Goethe, der sich in der Sternkunde gut auskannte, riet seinem Dichterfreund, sich mit den Himmelserscheinungen auseinander zu setzen.

1810 wurde das Anwesen vom Herzogtum Weimar erworben. Als Sternwartengebäude diente ein Anbau an das Gartenhaus (siehe Bild unten). Um im Dach einen Beobachtungsschlitz für ein Meridianinstrument in Nord-Süd-Richtung anzulegen, orientierte man das Gebäude in Ost-West-Richtung. Dadurch ergab sich ein Winkel zum Schiller'schen Gartenhaus von 102 Grad. Ein Turm mit drehbarem, kegelförmigem Schutzdach überragte den First. Für die erschütterungsfreie Aufstellung des von Goethe gekauften Instruments sorgte ein massiver Pfeiler.

Im August 1877 übernahm Ernst Abbe die Leitung der Sternwarte. Ein Jahr später ließ er sie umbauen und den Beobachtungsturm durch einen neue Holzkonstruktion ersetzen. Ab 1888 verfügte der Physikprofessor der Universität Jena, den Anbau des Schiller'schen Gartenhauses abzureißen. Eine neue Sternwarte entstand in Form des noch heute vorhandenen achteckigen Gebäudes.

Es ist nicht überliefert, wie oft die beiden Dichter zusammen am Teleskop standen, um den Nachthimmel zu beobachten, noch ob es gelang, schöne Damen in das Observatorium zu locken. Dass die Sterne sie faszinierten und inspirierten, belegen folgende Verse von Goethe:

Die Sterne, die begehrt man nicht,
Man freut sich ihrer Pracht,
Und mit Entzücken blickt man auf
In jeder heitren Nacht.

Christian Wolter schrieb in AH 10/2004 über Keplers Supernova im Jahr 1604.

Goethes Siebenfüßer

Das siebenfüßige Newton-Teleskop besitzt einen 236 Zentimeter langen Tubus aus Mahagoni, in dem ein 16-Zentimeter-Spiegel von 226 Zentimeter Brennweite gefasst war. Als Montierung diente ein 1,88 Meter hohes Gestell mit Winde und Flaschenzug. Mit bis zu 200facher Vergrößerung konnte damit beobachtet werden.

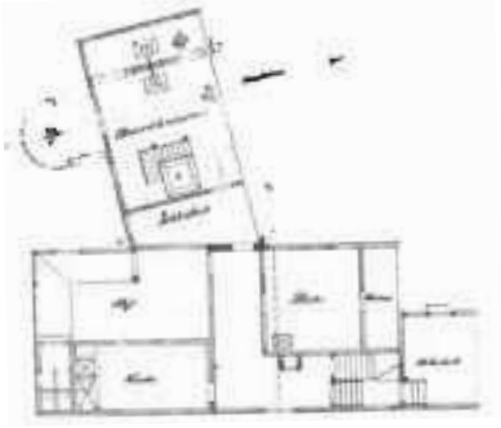
Das Teleskop stammt höchstwahrscheinlich aus der Werkstatt von Johann Hieronymus Schröter (1745–1816) in Lilienthal bei Bremen. Schröter war vor allem durch seinen hochpräzisen Mondatlas bekannt. Er fertigte Ende des 18. Jahrhunderts mehrere siebenfüßige Teleskope nach Herschel'scher Bauart an, zuletzt in Zusammenarbeit mit Johann Gottlieb Schrader (1763–1833) aus Kiel, wobei Ersterer die optischen Komponenten lieferte, Letzterer die Mechanik.

Einer dieser Siebenfüßer war 1793 im Besitz Wilhelm von Knebels in Heilbronn. Sein Bruder Karl Ludwig in Ilmenau – ein Freund Goethes – erbte das Instrument. Er bat diesen am 27. Januar 1800, für das Fernrohr einen Nutzer zu finden. Goethe ließ das Gerät am 8. Februar 1800 nach Weimar bringen.

CHRISTIAN WOLTER

Fernrohr nach Herschel'scher Bauart

Anfang des Jahres 2000 wurde das Instrument restauriert und im September desselben Jahres in Lilienthal während der Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft, die hier am 20. September 1800 gegründet worden war, ausgestellt. Das Fernrohr steht heute in der Jenaer Universitätssternwarte, direkt unterhalb der Beobachtungskuppel. Es wird überlegt, die bis in die 1930er Jahre noch originale Optik zu rekonstruieren; ein voll funktionsfähiger Nachbau in Originalgröße wurde inzwischen von der Astronomischen Vereinigung Lilienthals vorgestellt.

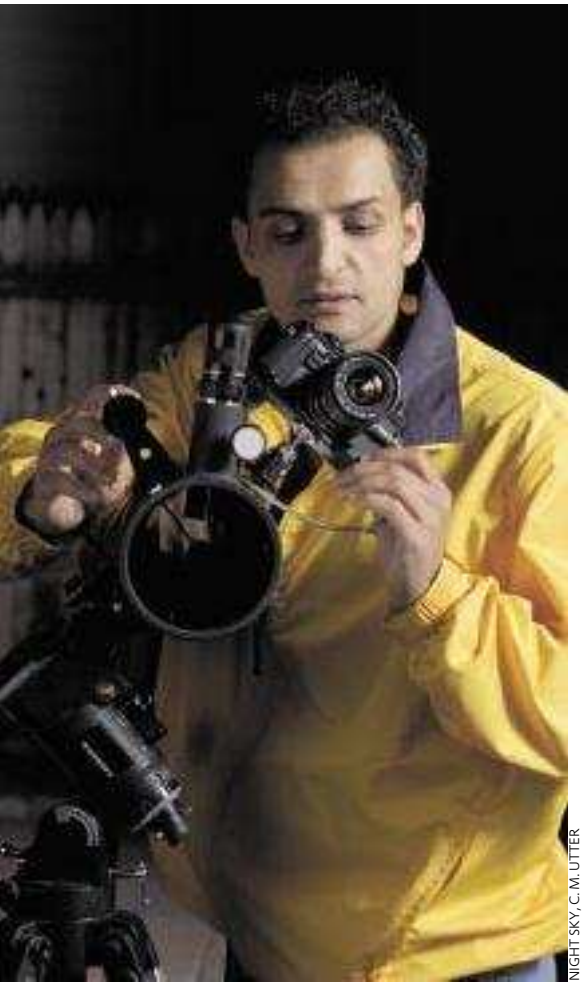


AUS: REINHARD SCHIELICKE (HG.), ASTRONOMIE IN JENA, 1988

Den Sternhimmel im Sucher

So gelingen Ihnen atemberaubende Fotos von Sternbildern, Nebeln, Sternhaufen und unserer Galaxis.

>> Alan Dyer



NIGHT SKY, C. M. UTTER

Wen faszinieren sie nicht, die Aufnahmen des Nachthimmels, übersät mit Sternen und farbenprächtigen Nebelwolken aus interstellarem Gas? In Büchern und Magazinen findet man sie zuhauf. Meist stammen diese Aufnahmen von Teleskopen, die mehrere Millionen Euro kosten. Aber man braucht kein solches Profigerät, um ansprechende Weitwinkelaufnahmen des Sternhimmels zu gewinnen. Dazu reicht bereits eine bescheidene Ausrüstung sowie ein dunkler Nachthimmel fernab beleuchteter Ortschaften. Großartige Ergebnisse können Sie mit einer Fotografiertechnik erzielen, die als Huckepack-Methode (englisch »Piggyback«) bezeichnet wird. Die heutigen, hoch empfindlichen Farbfilme und modernen Digitalkameras machen die Anwendung dieser Technik sehr einfach.

Die Huckepack-Technik für Astroaufnahmen erfordert eine stabile äquatoriale Teleskopmontierung, die dem Lauf der Sterne folgt, indem sie die scheinbare Himmelsbewegung durch Drehung um eine einzige Achse kompensiert. Üblich sind parallaktische Montierungen wie hier abgebildet.

Die sternreichsten Regionen finden wir entlang dem Band der Milchstraße. Während des Spätsommers lassen sie sich gut beobachten (siehe auch S. 36). Typischerweise benötigen Sie eine Belichtungszeit von einigen Minuten, um die unzähligen Sterne abzubilden. Am Wählschalter Ihres Fotoapparats müssen sich also beliebig lange Belichtungszeiten einstellen lassen. Diese Einstellung trägt meist die Bezeichnung B für »bulb«.

Die Kamera als Trittbrettfahrer

Weiterhin brauchen Sie ein Teleskop, das den Bewegungen der Sterne von Ost nach West automatisch folgen kann. Allerdings fotografieren Sie bei der Huckepack-Technik nicht durch das Teleskop, sondern benutzen es nur als motorgetriebene Montierung für die Kamera. Befestigen Sie Ihren Fotoapparat sicher am Fernrohrtubus, sodass dieser auf dem Teleskop »reitet«. Für die Aufnahme nutzen Sie dann aber das kameraeigene Objektiv.

Ohne automatische Nachführung bewirkt die Drehung der Erde, dass die Sterne zu Strichen auseinander gezogen werden, ein Effekt, der sich schon bei dreißigsekündigen Belichtungen bemerkbar macht. Sternspuraufnahmen >

Für diese Aufnahme der Milchstraße verwendete der Autor ein Fischaugenobjektiv und belichtete eine Stunde auf Kodak Ektachrome E200 Pro. Ähnliche Resultate lassen sich mit Digitalkameras bei wesentlich kürzeren Belichtungszeiten erreichen.

ALLE ÜBRIGEN FOTOS DIESES ARTIKELS: ALAN DYER

Rohrschellen mit Fotogewinde erlauben es, die Kamera direkt aufs Teleskop zu schrauben; ein Kugelkopf gibt zusätzliche Bewegungsfreiheit (links). Manchmal sind auch starre Kamerahalterungen als Zubehör erhältlich (Mitte). Leitrohrschellen mit Verstellmöglichkeiten eignen sich am besten, um lange und schwere Teleobjektive zu montieren (rechts).

> sind zwar auch sehr schön (AH 3/2005, S. 68), aber für den realistischen Eindruck eines sternübersäten Himmels ist eine präzise Nachführung erforderlich. Das Schöne an der Huckepack-Technik: Nachdem Sie die Montierung korrekt aufgestellt und eingeschaltet haben, müssen Sie nur noch den Kameraverschluss öffnen. Sie benötigen keine speziellen und kostspieligen Geräte zur Nachführung. Während Kamera und Montierung ihren Job von selbst erledigen, können Sie sich zurücklehnen, entspannen und den Anblick des Nachthimmels genießen.

Für Nachtschwärmer und Sonnenanbeter gleichermaßen

Eine Kamera mit Weitwinkelobjektiv von 18 bis 35 Millimeter Brennweite oder Standardobjektiv – 50 bis 70 Millimeter Brennweite, jeweils bezogen auf das Kleinbild-Filmformat – ist ideal, um große Gebiete der Milchstraße zu fotografieren. Sie können den gleichen Apparat verwenden, mit dem Sie Schnappschüsse im Urlaub oder Landschaftsfotos machen. Mit denselben Objektiven können Sie jedoch genauso die leuchtenden Sternwolken der Milchstraße einfangen, die sich durch das Sternbild Schwan bis hinab zur Zentralregion unserer Galaxie im Schützen und Skorpion ziehen, was besonders gut im Juli und August gelingt. Oder im Winter die Gebiete um die Sternbilder Fuhrmann, Zwillinge, Orion und Großer Hund. Die Milchstraße erscheint dem bloßen Auge als matt schimmerndes Band am Himmel. Schon eine fünfminütige Belichtung mit einer Standardausrüstung offenbart jedoch, dass sie in Wirklichkeit aus unzähligen Sternen besteht. Hin und wieder sind rote Nebel eingestreut – jene leuchtenden Wolken aus Wasserstoffgas, die frühere Sterne im All hinterließen und die als Baumaterial für neue Sonnen dienen. Mit Hilfe der Huckepack-Technik können Sie Ihren eigenen Atlas mit den Nebeln der Milchstraße erstellen oder eine Porträtsammlung aller Sternbilder zusammentragen.

Ein Teleobjektiv erweitert Ihre Möglichkeiten beträchtlich. Sie benötigen nicht einmal sehr lange Brennweiten: Schon der Bereich von 85 bis 135 Millimetern ist ideal, um große Nebel, helle Sternhaufen und Sternwolken der Milchstraße in Szene zu setzen. Nebenbei bemerkt: Ein wirklich großes Tele wäre ohnehin zu schwer, um es sicher auf dem Fernrohr zu montieren. Der Nordamerikanebel im Schwan, der Doppelsternhaufen im Perseus, die Plejaden im Stier und der Andromedanebel (AH 11/2005, S. 44) sind geeignete Teleobjektivmotive. Als Faustregel gilt, dass alles, was im >

Ob Sie mit Film oder digital arbeiten, Sie brauchen eine Kamera, bei der sich der Verschluss beliebig lang offen halten lässt. Geeignet sind Spiegelreflexkameras (SLRs), entweder eine klassische Kleinbildfilmkamera (links) oder eine moderne digitale (rechts).

1

2

3

> Fernglas schön aussieht, sich als Motiv für die Huckepack-Technik mit einem Teleobjektiv eignet.

Allerdings hat diese Methode auch ihre Grenzen: Formatfüllende Aufnahmen kleiner Deep-Sky-Objekte wie des Ringnebels in der Leier (M57), des Krebsnebels im Stier (M1) oder des prächtigen Kugelsternhaufens im Herkules (M13) sind damit nicht machbar. Für solche Fotos brauchen Sie das Lichtsammelvermögen und die lange Brennweite eines Fernrohrs, das dann als Objektiv für Ihre Kamera dient. Die Teleskopfotografie stellten wir bereits in AH 05/2005 auf S. 60 vor.

Film oder Digital? Entgegen mancher Behauptungen ist der Fotofilm noch nicht tot. Tatsächlich kann er bei der Huckepack-Technik seine Vorteile hervorragend ausspielen und ermöglicht exzellente Bilder.

Zu wenig rotempfindlich

Falls Sie sich früher klassische Filmkameras angeschafft haben: Benutzen Sie sie jetzt! Fotofilme bieten eine Auflösung und samtige Weichheit, die Digitalkameras »von der Stange« nicht erreichen. Freilich liefern auch Filme bisweilen enttäuschende Ergebnisse. Während einer fünf- bis zwanzigminütigen Belichtung zeichnen die meisten von ihnen zwar zahlreiche Sterne auf, entwickeln aber einen störenden Grünstich. Sie versagen auch bei der Darstellung rötlich leuchtender Gasnebel, die Weitwinkelaufnahmen der Milchstraße so attraktiv machen. Der Grund liegt darin, dass die Filmhersteller absichtlich die Rotempfindlichkeit der Emulsion verringern, damit sie sich besser für Porträtaufnahmen eignet. Derzeit sind der Kodak Ektachrome E200 Pro und der Fuji Provia 400F die beiden am besten geeigneten Filme für die Astrofotografie.

Sieben Schritte in Richtung Milchstraße

1. Einnordung. Zum Glück hat uns die Natur eine praktische Orientierungshilfe spendiert, und zwar den Nord- oder Polarstern (AH 9/2005, S. 30) am Ende der Deichsel des Kleinen Wagens. Er steht weniger als ein Grad vom wahren Himmelspol entfernt.

2. Stabile Kameramontage. Eine locker befestigte Kamera – besonders mit Teleobjektiv – kann sich um das Stativgewinde drehen, während das Teleskop langsam dem Lauf der Sterne folgt. Prüfen Sie, ob alle Verbindungen fest angezogen sind.

3. Blende und Bildqualität einstellen. Versetzen Sie Ihre Digitalkamera in den M-Modus (für »Manuell«) und stellen Sie die Blende in eine weit geöffnete Position, etwa f/2.8. Um bei digitalen Aufnahmen eine gute Bildqualität zu gewährleisten, wählen Sie als Bildformat entweder Raw oder Tif.

4. Scharfstellen. Schalten Sie den Autofokus der Kamera ab und machen Sie einige Testaufnahmen mit jeweils leicht verändertem Fokus. Wenn Sie eine Digitalkamera benutzen, kontrollieren Sie die Ergebnisse auf dem LCD-Schirm und wählen Sie dabei eine möglichst starke Vergrößerung.

5. Legen Sie los! Wählen Sie als Verschlusszeit die Stellung B (»bulb«), stellen Sie sicher, dass der Drahtauslöser den Verschluss auch wirklich offen hält, und prüfen Sie den Zustand der Kamerabatterien.

6. Herunterzählen der Minuten. Starten Sie mit einer Belichtungszeit von zwei bis drei Minuten bei Blende 2.8 und Iso-400-Einstellung bei einer Digitalkamera oder sechs bis neun Minuten bei gleicher Blende auf Fujichrome-Provia-400F-Diafilm.

7. Achten Sie auf Störenfriede. Ein geöffneter Kameraverschluss scheint Flugzeuge anzuziehen! Halten Sie stets ein dunkles Tuch oder einen lichtundurchlässigen Karton bereit, um schnell das Objektiv abdecken zu können, bis der Eindringling wieder aus dem Bildfeld verschwunden ist.

Je länger die Objektivbrennweite, desto kleiner das Gesichtsfeld. (1) Ein Weitwinkelobjektiv erfasst das gesamte Sommerdreieck – Deneb im Schwan (Mitte oben), Wega in der Leier (Mitte rechts) und Atair im Adler (links unten). (2) Ein Standardobjektiv bildet das Zentrum des Schwans ab, der im Juli und August hoch am Himmel steht. (3) Kurzes Tele: Ein 105-Millimeter-Objektiv erfasst einige der leuchtenden Nebel im nördlichen Bereich des Schwans um die Sterne Deneb und Sadr. (4) Langes Tele: Ein 200-Millimeter-Objektiv auf einer digitalen SLR rückt den Nordamerikanebel in Szene (2,5 Minuten Belichtung).

4

Als Aufnahmegerät empfehle ich stets die traditionelle Kleinbild-Spiegelreflexkamera (SLR = Single Lens Reflex). Alle neueren Geräte dieser Art benötigen Batteriestrom, um den Verschluss bei einer Langzeitbelichtung offen zu halten. Schon wenige viertelstündige Belichtungen in einer kalten Nacht können die Batterien völlig entleeren und die Kamera stilllegen. Früher bevorzugten Astrofotografen daher solche Modelle, die auf technischen Schnickschnack verzichten, deshalb weniger kosten und mit einem mechanischen Verschluss ganz ohne Stromzufuhr arbeiten. Für Himmelsaufnahmen braucht man ohnehin weder eine Belichtungsautomatik noch einen Autofokus. Klassische mechanische Modelle wie die Pentax K1000, die Canon F-1, die Nikon F2, die Minolta SRT-101 und die Olympus OM-1 sind nach wie vor als Gebrauchtmodelle im Handel oder bei Online-Auktionen erhältlich.

Auf der anderen Seite erobern die Digitalkameras nach und nach alle Sektoren der Astrofotografie. Am besten eignen sich aktuelle Modelle digitaler SLRs für die Huckepack-Technik. Diese semiprofessionellen Geräte haben eine Bildauflösung bis zu elf Megapixel und bieten die Möglichkeit zum Objektivwechsel. Meist lassen sich dieselben verwenden wie bei analogen Fotoapparaten. Einfache »Schnappschuss-Digicams« mit fest eingebautem Objektiv (meist ein Zoom) hingegen produzieren bei Belichtungszeiten über eine Minute einen sehr hohen Rauschanteil, was die Bildqualität stark beeinträchtigt. Alle Digitalkameras werden mit elektrischem Strom betrieben, moderne Geräte ermöglichen jedoch insgesamt ein bis zwei Stunden Langzeitbelichtungen, bevor Sie die Akkus wieder aufladen müssen.

Sinkende Ausschussrate

Viele Verfechter des klassischen Fotofilms spotten über die digitalen SLRs, meist aber nur so lange, bis sie ein derartiges Gerät einmal in Betrieb erlebt haben und sich von der Bildqualität überzeugen konnten. Dann verkaufen sie ihre in die Jahre gekommene Ausrüstung. Ich weiß, wovon ich rede, denn mir ging es genauso. Das Wundervolle an Digitalkameras ist, dass man unmittelbar nach der Aufnahme die Wahl des Bildausschnitts, die Schärfe, die Belichtungszeit und die Nachführung prüfen kann. Schon bei einer fünfminütigen Belichtung kann jede Menge schief gehen. Die Möglichkeit zur sofortigen Kontrolle erlaubt es, Fehler rasch auszubügeln, und senkt die Ausschussrate beim Fotografieren. Zugegeben, digitale SLRs sind nicht gerade billig – der Einstiegspreis liegt bei 700 bis 800 Euro –, aber die Preise entwickeln sich ständig nach unten.

Der häufigste Fehler bei Huckepack-Aufnahmen sind Sterne, die zu Strichen >

Astronomik

Neuheiten !

UHC-E Filter

Diese neue Variante aus der UHC Familie besitzt gegenüber des bekannten Astronomik UHC Filters eine etwas größere Halbwertsbreite und eine etwas geringere Transmission. Das macht ihn in der Herstellung preiswerter und somit auch für einen engen Geldbautel erschwinglich! Trotz der kostengünstigeren Produktion übertrifft das UHC-E Filter in seiner Qualität die meisten Schmalband-Filter anderer Anbieter! Das UHC-E Filter empfiehlt sich besonders als preiswerte Alternative zum Profi UHC Filter für Geräte bis 15 Zentimeter Öffnung. **ab 65.- €**

6nm H-alpha Filter

Nach dem weltweiten Bestseller, hat nun auch die H-alpha Familie Nachwuchs bekommen: Das 6 nm H-alpha Filter für die CCD Fotografie! Durch die geringe HWB erreichen Sie auch bei extremer Lichtverschmutzung gute Ergebnisse oder können bei dunklen Himmel die Helligkeit der Sterne im Objektumfeld deutlich senken und die Nebel hervorheben. Wir messen die Transmission jedes einzelnen Filters und können Ihnen Exemplare mit bis zu 95% Transmission anbieten. **ab 149.- €**

Falls Sie unseren Katalog zugesandt bekommen möchten, senden Sie bitte €1.53 in Briefmarken an:

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
astro@astro-shop.com
www.astro-shop.com

Fernauslöser gibt es in verschiedenen Varianten (links). Drahtauslöser für klassische Kameras (im Bild links) sind im Fotofachhandel für zehn bis dreißig Euro zu haben, digitale SLRs hingegen benötigen elektronische Fernbedienungen (im Bild rechts). Letztere sind mitunter recht kostspielig, können aber, je nach Modell, auch programmiert werden, etwa um eine Aufnahmeserie automatisch zu steuern. Sollten Sie das Teleskop per Hand nachführen, empfiehlt sich ein motorisierter Antrieb mit elektrischer Steuerkonsole (unten).

> verzogen sind. Daran ist oft die Montierung schuld, die nicht genau genug auf den nördlichen Himmelspol ausgerichtet war. Das ist jener Punkt am Himmel unweit des Polar- oder Nordsterns, um den sich die Sterne infolge der Erdrotation auf kreisförmigen Bahnen zu bewegen scheinen (AH 9/2005, S. 30). Um Kamera und Teleskop der scheinbaren Sternbewegung am Himmel nachzuführen, ist eine äquatoriale Montierung am praktischsten (AH 10/2005, S. 76). Bei ihr muss das Teleskop nämlich nur um eine Achse, die Stundenachse, bewegt werden, um ein bestimmtes Himmelsobjekt im Blick zu behalten. Allerdings muss die Stundenachse möglichst genau auf den Himmelspol zeigen.

Doppelt ist nicht immer besser

Auch computergesteuerte, azimutal montierte Go-to-Teleskope folgen den Sternen. Dabei bewegen die Motoren das Fernrohr aber um zwei Achsen. Das Aufsatteln einer Kamera auf ein solches Teleskop kann Bilder mit unschön verzerrten Sternen zur Folge haben, weil sich das Blickfeld während der Belichtung dreht. Spezielle Zubehörteile wie Polhöhenwiegen oder besondere Stative für die gängigen Go-to-Modelle ermöglichen jedoch die äquatoriale Aufstellung, die für Aufnahmen mit der Huckepack-Technik zwingend erforderlich ist.

Wie genau muss man die Stundenachse einnorden, also auf den Himmelspol ausrichten? Das hängt von der Brennweite Ihres Objektivs ab. Wenn Sie die Achse per Auge auf den Polarstern richten, erreichen Sie eine Genauigkeit von etwa einem Grad, was für den Einsatz von Weitwinkelobjektiven genügen sollte. Anders sieht die Sache bei Teleobjektiven mit langen Brennweiten aus: Diese vergrößern nicht nur die Himmelsobjekte, sondern auch die Nachführfehler. Sie erfordern also eine höhere Genauigkeit beim Einnorden – möglichst im Bereich von Bruchteilen eines Grads. Manche Geräte haben ein eingebautes Polsucherfernrohr, was die exakte Ausrichtung der Stundenachse erheblich vereinfacht.

Doch selbst bei sorgfältiger Ausrichtung können Strichspuren entstehen. Das liegt dann an der Nachführmechanik des Antriebs, die entweder nicht gleichmäßig genug oder schlicht mit einer falschen Geschwindigkeit läuft. In diesem Fall bleibt Ihnen nur, das Teleskop per Hand zu führen, sein Blickfeld also mittels eines stark vergrößernden, mit einem beleuchteten Fadenkreuz ausgestatteten Okulars zu überwachen. Visieren Sie einen ausreichend hellen Stern an und halten Sie ihn während der Belichtungszeit in der Mitte des Fadenkreuzes. Dabei hilft Ihnen ein motorisierter Antrieb, der durch eine Steuerkonsole mit Tasten für die Geschwindigkeitskontrolle in beiden Achsen reguliert werden kann. Die Fernbedienung hat den Vorteil, dass Sie die Montierung nicht berühren müssen, was zu Verwacklungen führen könnte.

Aufnahmen der Milchstraße mit Hilfe der Huckepack-Technik gelingen am besten in einer dunklen, mondlosen Nacht. Die optimale Belichtungszeit zur Abbildung der meisten Sterne und Nebel ist die längstmögliche, bevor sich das Streulicht der Städte bemerkbar macht und beginnt, schwache Bilddetails auszulöschen. Aber das Ausmaß der Belich-

Eine Belichtungsserie hilft den Punkt zu finden, ab dem sich die Aufhellung des Himmels durch Streulicht bemerkbar macht. Die Serie wurde mit einem 200-Millimeter-Teleobjektiv bei f/4 und einer digitalen Spiegelreflexkamera bei Iso 400 aufgenommen. Sie zeigt den Orionnebel bei unterschiedlichen Belichtungszeiten.

tung wird nicht ausschließlich über die Belichtungszeit geregelt. Auch die Blende hat ein Wörtchen mitzureden: Sie kontrolliert die Lichtmenge, die auf den Film oder den Bildsensor fällt. Wenn Sie die Blende maximal öffnen (Einstellen der kleinsten f-Zahl, also beispielsweise f/2), dann fällt viel Licht ein und Sie können bei gleicher Belichtungszeit mehr erfassen als mit einer kleineren Blendenöffnung. Jede Veränderung der Blendeneinstellung um eine Stufe nach unten, also von f/4 auf f/2.8 oder von f/2.8 auf f/2, halbiert die benötigte Belichtungszeit.

Eine weitere Möglichkeit zur Belichtungskontrolle ergibt sich durch die Verwendung unterschiedlich »schneller« (empfindlicher) Filme – beziehungsweise durch die Einstellung der Digitalkamera auf unterschiedliche Iso-Zahlen. Eine Filmempfindlichkeit oder Kameraeinstellung mit dem Wert Iso 400 erlaubt die Halbierung der Belichtungszeit, verglichen mit Iso 200. Wenn Sie mit Diafilmen arbeiten, können Sie bei der Entwicklung angeben, dass der Film einer »Push-Entwicklung« unterzogen werden soll – beispielsweise mit Iso 800, obwohl er eine Nennempfindlichkeit von Iso 400 hat. Das steigert den Kontrast, lässt die Bilder aber körniger erscheinen.

Kurze Belichtungszeiten vermindern die Gefahr von Sternstrichen und das Risiko, dass ein Flugzeug durch die Aufnahme fliegt. Sind also eine große Iso-Zahl und eine weit geöffnete Blende immer die beste Kombination? Nicht unbedingt. Mit großen Blendenöffnungen werden weniger Details aufgezeichnet, außerdem treten die Abbildungsfehler einer Optik deutlicher zu Tage, was sich durch unscharfe und verzerrte Sternabbildungen bemerkbar macht – vor allem in den Bildecken. Wenn Sie abblenden, also eine kleinere Blendenöffnung wählen, eliminieren Sie so manchen Abbildungsfehler und gewinnen schärfere Sternabbildungen – allerdings um den Preis einer längeren Belichtungszeit.

Auch Kameras brauchen einen kühlen Kopf

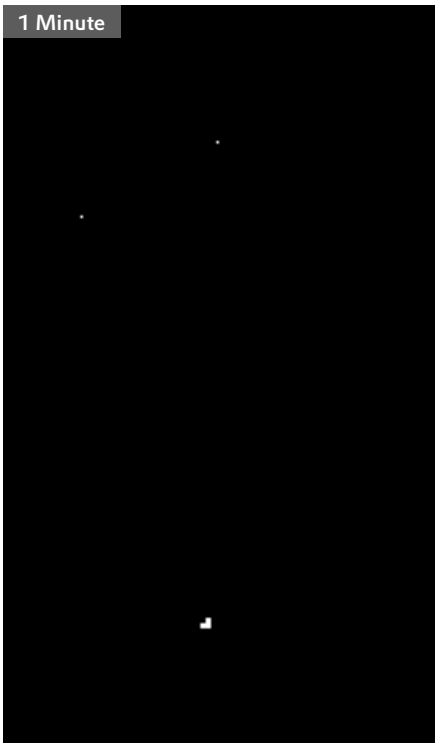
Desgleichen haben große Iso-Zahlen ihre Tücken, denn sie ergeben eine grobe Körnung bei Filmen beziehungsweise einen starken elektronischen Rauschpegel bei Digitalkameras. Der Fuji Provia 400F hat eine erstaunlich geringe Körnung bei hoher Empfindlichkeit und ist für mich die erste Wahl, wenn ich Filmfotografie mit der Huckepack-Technik betreibe. Bei Digitalkameras sollten Sie eine Einstellung von Iso 400 oder Iso 800 versuchen. Das elektronische Rauschen von Digitalkameras lässt nach, wenn die Außentemperatur niedrig ist, etwa in Winternächten. Es wird stärker, wenn sich die Kamera nach einigen Aufnahmen erwärmt, besonders im Sommer. Schalten Sie in diesem Fall Ihre Kamera einfach ein paar Minuten ab und warten Sie, bis sie sich wieder abgekühlt hat.

Weiterhin sollte man beachten, dass ein Film während einer Langzeitbelichtung seine Empfindlichkeit nach und nach einbüßt – eine zwanzigminütige Belichtung zeichnet weniger als das Doppelte auf als eine mit zehn Minuten. Im Vergleich dazu schneiden Digitalkameras besser ab: Ihre Empfindlichkeit bleibt während der kompletten Belichtung unverändert. Aus diesem Grund zeigt eine dreiminütige Belichtung mit einer digitalen SLR ebenso viele Objekte wie eine Filmaufnahme mit neun bis zwölf Minuten Belichtungszeit.

Experimentieren Sie mit den Einstellungen. Nehmen Sie mehrere Bilder hintereinander mit unterschiedlicher Belichtungszeit auf (eine Belichtungsreihe) und notieren Sie alle Einstellungen, um für >

Teleobjektiv oder Zoom?

Teleobjektive mit fester Brennweite sind für astronomische Zwecke besser geeignet als Zoomobjektive. Letztere haben im Allgemeinen eine maximale Öffnung von f/4, was für die Astrofotografie zu »langsam« ist. Erstere weisen typischerweise f/2.8 oder f/2 auf.



Typische Rohbilder haben einen hellen Hintergrund, wenig Kontrast und sind farbstichig (links). Mittels Bildverarbeitung im Computer lassen sich diese Mankos korrigieren (Mitte). Manchmal kommt aber so viel zusammen, dass auch die beste Software nichts mehr ausrichten kann (rechts): Hier war die Belichtung zu lang, die Nachführung streikte, es bildete sich Frost auf der Linse und Schleierwolken zogen auf.

> Ihren speziellen Standort die beste Kombination von Iso-Wert, Belichtungszeit und Blende zu ermitteln.

Im Gegensatz zur Teleskop-Fotografie ist das Fokussieren bei der Verwendung eines Kameraobjektivs normalerweise ein Kinderspiel: Drehen Sie einfach den Entfernungsring des Objektivs auf »unendlich« (∞). Viele Autofokus-Objektive lassen sich allerdings über »unendlich« hinaus verstellen. Dann kann die Suche nach dem besten Schärfepunkt zum Geduldsspiel werden, wobei Sie bei verschiedenen Einstellungen jeweils mehrere Testaufnahmen machen müssen. Die schnelle Bildkontrolle bei Digitalkameras erleichtert das Fokussieren ganz erheblich – und die Zeit dafür sollten Sie sich nehmen. Mir ist aufgefallen, dass selbst minimale Abweichungen bei der Schärfeeinstellung darüber entscheiden, ob die Sterne als kleine Punkte oder dicke Scheiben abgebildet werden.

Bei einem Objektiv, das längere Zeit himmelwärts gerichtet ist, kann sich Tau oder Frost auf der Linse niederschlagen. Zu Hause verwende ich einen kleinen Haarfön, um Teleskop und Objektiv zu wärmen. Auf Exkursionen wickle ich eine 12-Volt-Heizspirale um die Gegenlichtblende oder Objektivwandung; dabei muss allerdings sichergestellt sein, dass die Heizdrähte nicht den Fokussier- oder Blendenring verstellen. Geringe, aber kontinuierliche Zufuhr von Wärme verhindert das Beschlagen.

Wenn Glühwürmchen vor der Linse tanzen

In warmen Sommernächten kommt es bisweilen vor, dass plötzlich ein Schwarm von Glühwürmchen vor der Linse auftaucht. In kalten Nächten hingegen lässt die Batteriespannung schneller nach, sodass die Kamera oder der Teleskopantrieb nicht mehr arbeiten. Daneben gibt es noch eine Reihe von ganz dummen Fehlern, die Ihnen das Resultat verderben können, etwa ein versehentlicher Stoß gegen das Stativbein oder eine komplette nächtliche Fotosession mit einer Blendeneinstellung von f/16. Oder Sie leuchten, von den Strapazen der Nacht gezeichnet, mit einer Taschenlampe ins Objektiv, um nachzusehen, ob sich Tau gebildet hat – und stellen dann erst fest, dass der Verschluss noch offen ist.

Lassen Sie sich nicht entmutigen, denn ein Teil des Erfolgserlebnisses nach gelungenen Himmelsaufnahmen besteht darin, dass alle Einstellungen gestimmt haben. Und seien Sie gewarnt: Astrofotografie kann süchtig machen. Sie kann für die aufgebrachten Mühen aber auch hundert- und tausendfach entschädigen. <<

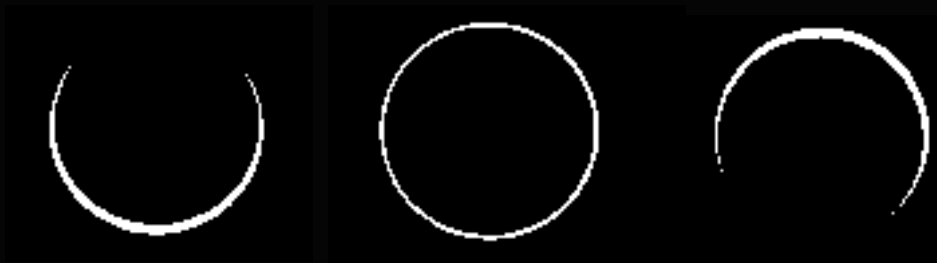
Alan Dyer, seit dreißig Jahren ein unermüdlicher Astrofotograf, ist Programmproduzent der Shows des Calgary Science Centre in der kanadischen Provinz Alberta.

Versteckspiel mit Sonne

Zur Sonnenfinsternis am 3. Oktober zog es viele Astrofans nach Spanien, wo die ringförmige Phase vorbeizog. In Deutschland erhaschten nur wenige einen Blick durch die Wolken.

Hessisch Weiß-Blau
Nur erahnen lässt sich der blaue Himmel hinter der dichten Wolkendecke, doch für den Fotografen hat sich die Reise aus Unterfranken in den Raum Gießen gelohnt. Mit der Canon Eos 300D gelangen schöne Aufnahmen; die Wolken dienten als Sonnenfilter (nur für die Kamera!). **>> Olaf Haupt**

Sehtest
Die Auflösung: zweiter Kontakt – ringförmig – dritter Kontakt. So gesehen über Madrid, also etwas südlich der Zentrallinie, mit einem 500-Millimeter-Teleobjektiv und einem Zweifach-Konverter durch Sonnenfolie.
>> Martin Wagner



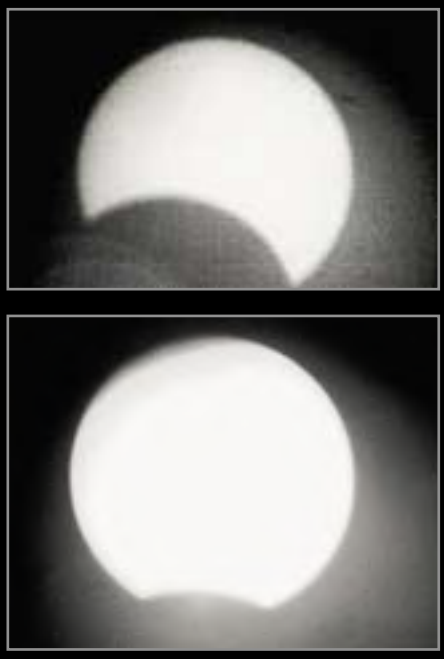
Getrickst

So nah ließ sich die Sonne per Okularprojektion heranzoomen: Eine Abstandhülse zwischen Okular und Kamera erhöht dabei die Brennweite. Verwendet wurden ein Meade ETX-90 EC, ein 26-Millimeter-Super-Plössl und eine Sony DSC W1. **>> Patrick Rosyk**

Letzter Moment

Eine winzige Delle (Pfeil) ist alles, was von der SoFi über Almanzar in Spanien übrig blieb. Das Foto wurde zirka eine Sekunde vor Ende mit einem Meade ETX 125-EC im Primärfokus durch Sonnenfolie aufgenommen.

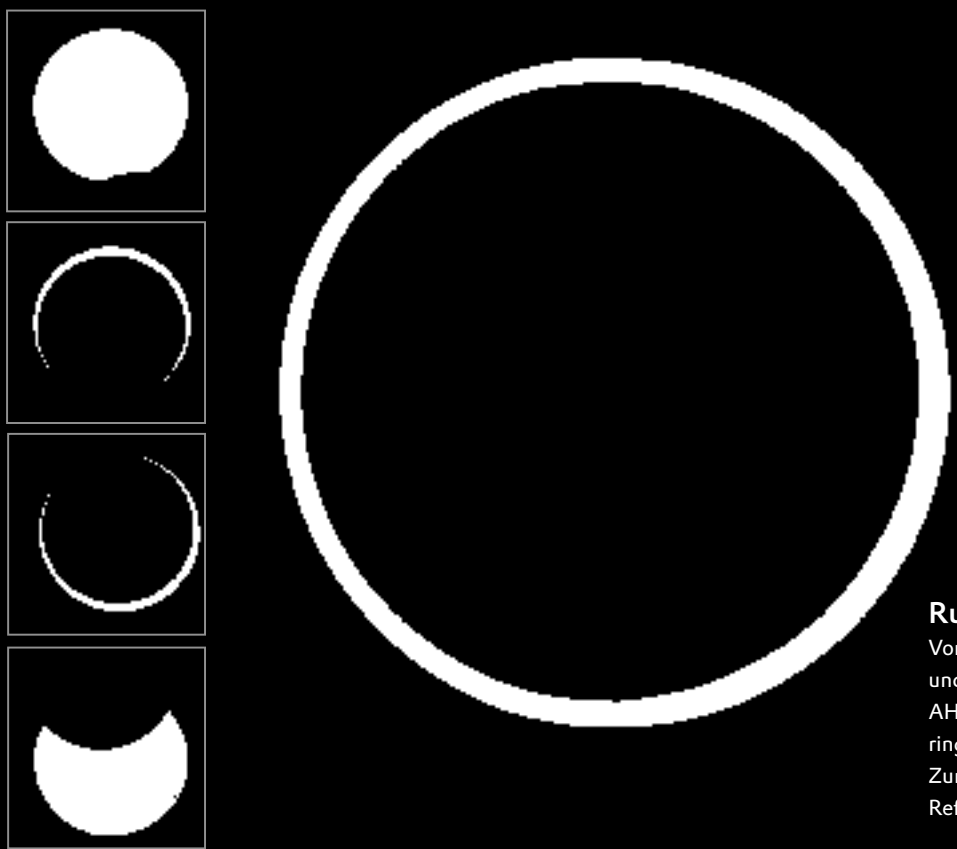
>> Hans Zekl



Lampenschimmer

Auf Momente mit einer glatten, hellgrauen Wolkenschicht über Göttingen hat der Fotograf gewartet, bis er auslöste. Er verwendete einen Vier-Zoll-Refraktor bei 33facher Vergrößerung, Sonnenfolie und eine Webcam.

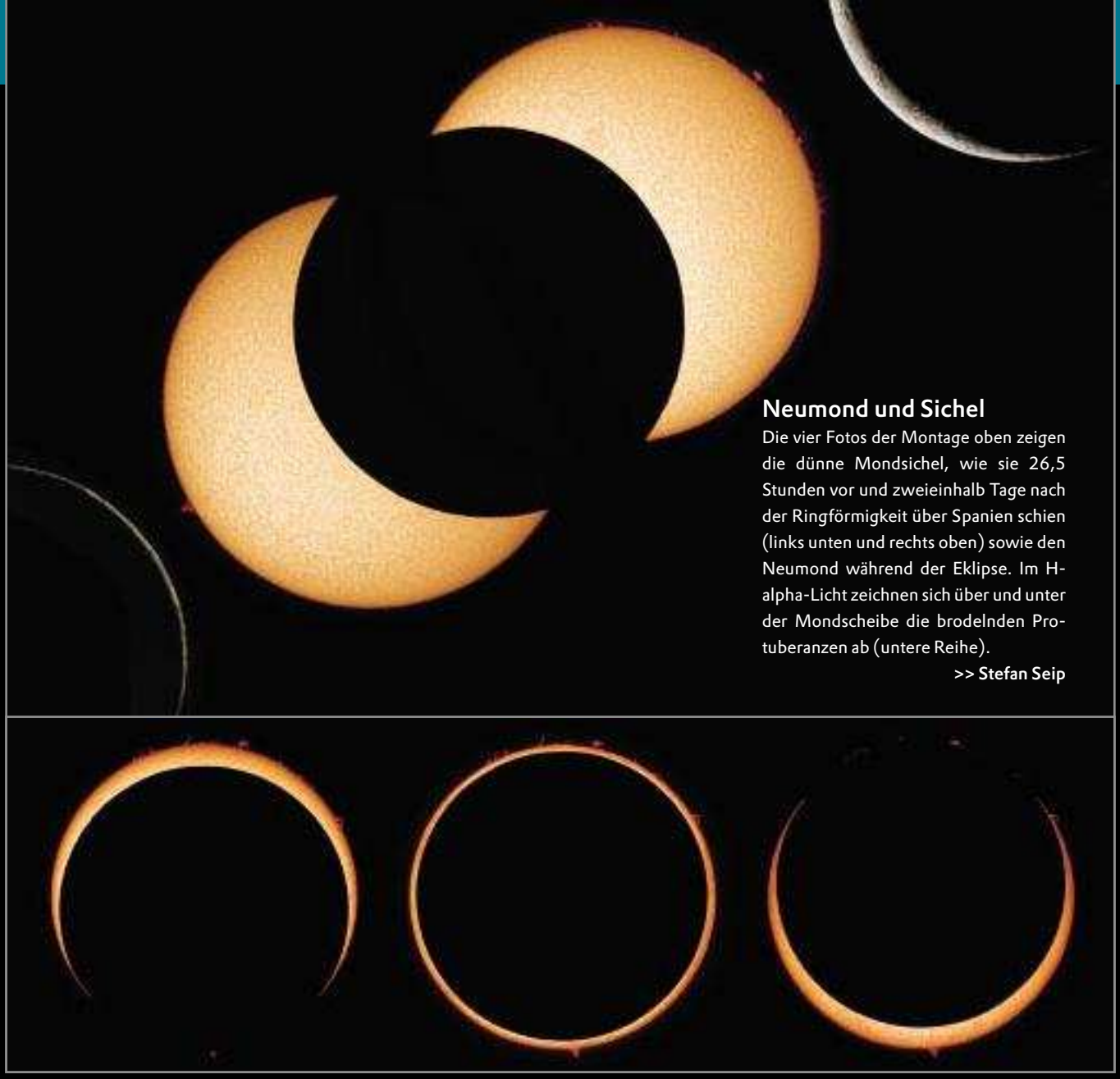
>> Detlev Niechoy



Runde Sache

Vom kastilischen Avila (4,6 Grad West und 40,7 Grad Nord) aus beobachtete AH-Redakteur Stephan Fichtner die ringförmige Finsternis in allen Phasen. Zum Einsatz kamen ein 4,5-Zoll-TMB-Refraktor sowie ein Herschelkeil.

>> Stephan Fichtner



Neumond und Sichel

Die vier Fotos der Montage oben zeigen die dünne Mondsichel, wie sie 26,5 Stunden vor und zweieinhalb Tage nach der Ringförmigkeit über Spanien schien (links unten und rechts oben) sowie den Neumond während der Eklipse. Im H-alpha-Licht zeichnen sich über und unter der Mondscheibe die brodelnden Protuberanzen ab (untere Reihe).

>> Stefan Seip

S wie Selene

Die griechische Mondgöttin stattet Bruder Helios einen Kurzbesuch ab: Knapp drei Stunden lang bot sich über Athen das Schauspiel der partiellen Sonnenfinsternis. StarFire EDF, 160 Millimeter, f/7.5; Digitalfotos durch Baader ND5-Folie **>> Anthony Ayiomamitis**

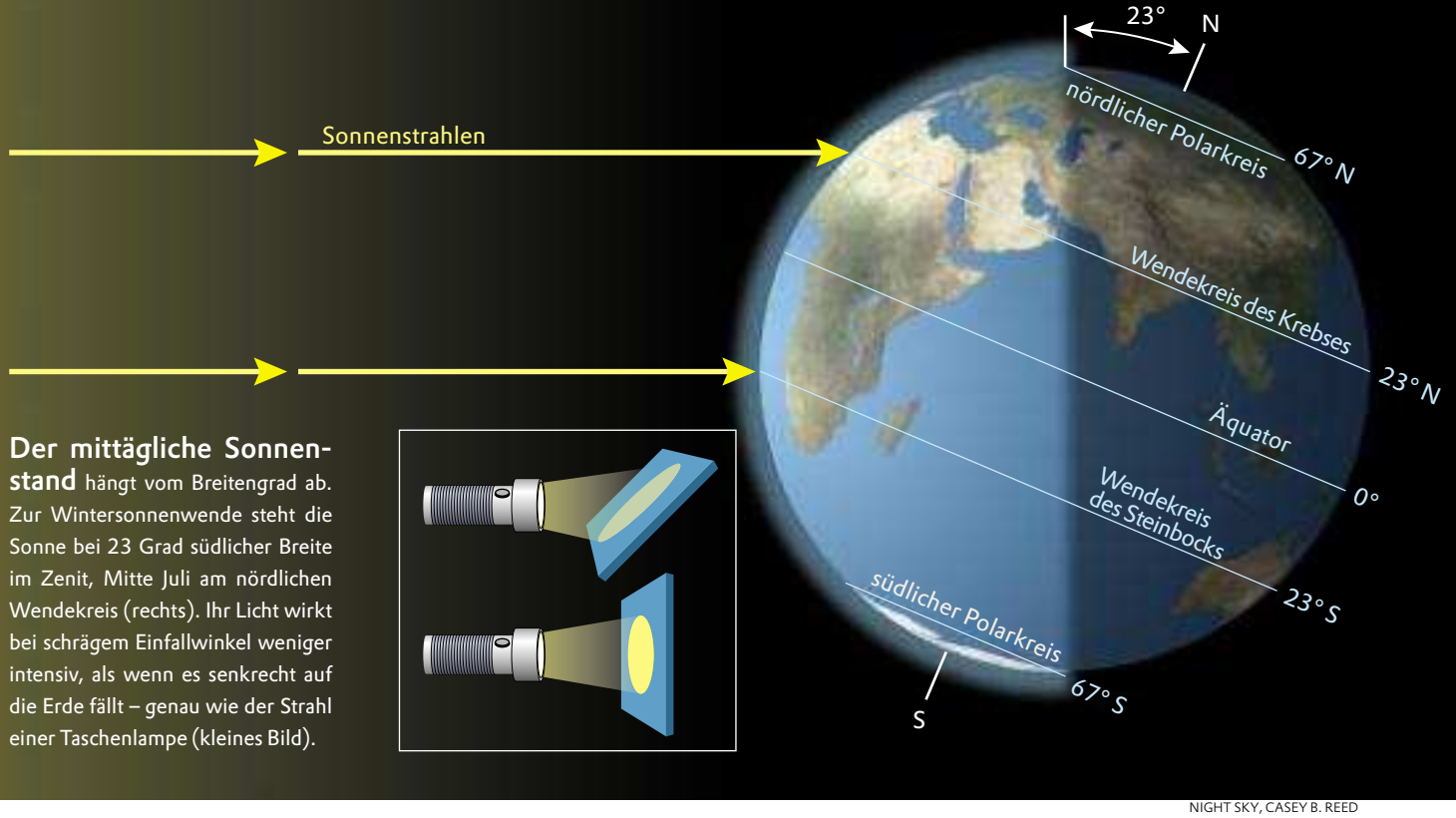
Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch unerklärlicherweise ist Ihr Foto nicht optimal geworden? Ab der nächsten Ausgabe gibt Ihnen der bekannte Astrofotograf Stefan Seip Tipps, wie Ihre Astrofotos noch besser werden (unter dem Stichwort »Hochglanz« in der Rubrik Glanzlichter). Schicken Sie uns Ihre Aufnahmen zu: die bearbeitete Version sowie das Rohbild.

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

TIPPS



Der mittägliche Sonnenstand hängt vom Breitengrad ab. Zur Wintersonnenwende steht die Sonne bei 23 Grad südlicher Breite im Zenit, Mitte Juli am nördlichen Wendekreis (rechts). Ihr Licht wirkt bei schrägem Einfallwinkel weniger intensiv, als wenn es senkrecht auf die Erde fällt – genau wie der Strahl einer Taschenlampe (kleines Bild).

NIGHT SKY, CASEY B. REED

Warum es die Jahreszeiten gibt

Am 21. Dezember beginnt laut Kalender der Winter. Doch was macht diese Jahreszeit so kalt? **>> Phil Plait**

An den meisten Orten in den gemäßigten Breiten sind Sie mit vier Jahreszeiten konfrontiert. Die Abfolge lautet üblicherweise: kalt, warm, heiß, kühl, wieder kalt, wieder warm, wieder heiß und so weiter und so fort. Der Zyklus der Jahreszeiten ist mit dem Alltag so verwoben, dass wir ihn sogar in Redensarten verwenden: der »Herbst des Lebens«, der »politische Winter« und (mein Favorit) der »zweite Frühling«. Die Jahreszeiten spielen für uns eine wichtige Rolle, so viel steht fest. Aber was verursacht sie? Frühere Zivilisationen erklärten sich ihr Kommen und Gehen mit fantasievollen Mythen, in denen häufig unberechenbare Götter eine Rolle spielten. Selbst heute noch geben sich viele Menschen diesbezüglich falschen Vorstellungen hin.

Die Entfernungstheorie und warum sie nicht stimmen kann

Am weitesten verbreitet ist die Idee, die Entfernung zwischen Erde und Sonne verursache die periodischen Wechsel zwischen heißer und kalter Witterung: Sommer gibt es demnach dann, wenn wir näher an der Sonne sind, und Winter, wenn wir uns wieder von ihr entfernen. Diese Erklärung klingt einigermaßen einleuchtend, doch in Wirklichkeit spielt dies für die Jahreszeiten keine Rolle. Die Erde umrundet die Sonne zwar tatsächlich auf einer Ellipsenbahn, einem leicht gestauchten Kreis, der uns zu manchen Zeiten näher an unser Zentralgestirn bringt als zu anderen. Doch die Stauchung ist nur minimal; genau genommen ist die Umlaufbahn der Erde nahezu vollkommen kreisförmig. Wenn die Erde der Sonne am nächsten ist (dieser Punkt auf dem Orbit heißt Perihel), dann beträgt die Entfernung zwischen beiden 147,1 Millionen Kilometer, verglichen mit 152,1 Millionen Kilometer am Aphel, dem sonnenfernsten Punkt. Das ergibt einen Unterschied von nur drei Prozent. Die leichte Schwankung ist einer von vielen Faktoren, die zusammengenommen eine Temperaturdifferenz von ungefähr 4,5 Grad Celsius auf der Erde verursachen – das ist nicht genug, um die Jahreszeiten auszulösen. Selbst im gemäßigten Klima schwankt die Temperatur zwischen Sommer und Winter um ungefähr 17 Grad.

Es gibt noch einen deutlicheren Beweis gegen die »Entfernungstheorie«:

Natürlicher Kompass

Ganz gleich, wo Sie leben – an den Tag-und-Nacht-Gleichen (Äquinoktien) im März und September geht die Sonne genau im Osten auf und im Westen unter.

Die Jahreszeiten auf der südlichen Erdhalbkugel sind denen auf der nördlichen Hemisphäre entgegengesetzt. Der Januar ist im norwegischen Gebirge kalt und schneereich, in Australien aber glühend heiß – obwohl beide Gegenden bis auf ein paar Tausend Kilometer gleich weit von der Sonne entfernt sind. Das ist im Verhältnis nicht viel, somit kann der Abstand zur Sonne bei der Entstehung der Jahreszeiten keineswegs die Hauptrolle spielen.

Wenn Sie einen Blick auf den Globus werfen, werden Sie – im wahrsten Sinne des Wortes – geneigt sein, den tatsächlichen Grund zu verstehen. Dort sehen Sie, dass die Nord-Süd-Achse der Erde nicht vertikal verläuft: Die imaginäre Linie, um die sich unser Heimatplanet einmal pro Tag dreht, ist um einen kecken Winkel von 23 Grad gegen die Erdumlaufbahn gekippt. Um diese Neigung darzustellen, ist der Globus schief aufgehängt. Sie ist die Ursache für die Jahreszeiten.

Damit Sie verstehen, warum das so ist, stellen Sie sich vor, die Rotationsachse der Erde stünde exakt vertikal, im Neunzig-Grad-Winkel zur Richtung der Sonne. Jemand, der sich am Äquator befände, hätte das Zentralgestirn jeden Mittag direkt über seinem Kopf stehen. Für die Menschen am Nordpol hingegen würde die Sonne rund um die Uhr scharf am Horizont entlangschrammen, auch mittags um zwölf.

Nun stellen Sie sich stattdessen vor, Sie könnten den Nordpol ein Stück Richtung Sonne drehen. Die Person am Äquator wird die Sonne dann mittags um dieses Stück näher am Horizont sehen, und für die Bewohner des Nordpols würde sie stattdessen höher steigen. Die Position der Sonne am Mittag hängt also vom Neigungswinkel an der Stelle ab, an der Sie gerade stehen.

Zurück zur Wirklichkeit: Wenn der Nordpol zur Sonne geneigt ist, können alle Bewohner der Nordhemisphäre beobachten, wie sie im Lauf des Tages ihren höchsten Punkt am Himmel erreicht. Das hat zwei Konsequenzen: Zum einen fällt das Sonnenlicht tagsüber steiler auf die Erde und heizt den Boden schneller auf. Zum anderen wird der Pfad unseres kosmischen Ofens über den Himmel länger – die Sonne geht früher auf und später unter (siehe Grafik unten). Daher wärmt sie den Boden nicht nur besser, sondern hat auch mehr Zeit dazu. Der Sommer ist da!

Surfen im Süden, Skifahren in Schweden

Sechs Monate später, wenn die Erde auf die gegenüberliegende Seite ihrer Umlaufbahn gewandert ist, zeigt der Nordpol von der Sonne weg. Folglich zieht diese einen niedrigeren Bogen über den Himmel der Nordhalbkugel. Ihr Licht trifft dort in einem flacheren Winkel auf die Erdoberfläche, es verteilt sich mehr, sodass es den Boden weniger aufheizt. Außerdem werden die Tage kürzer. Weniger Erwärmung + kürzere Tage = kaltes Wetter. Willkommen im Winter!

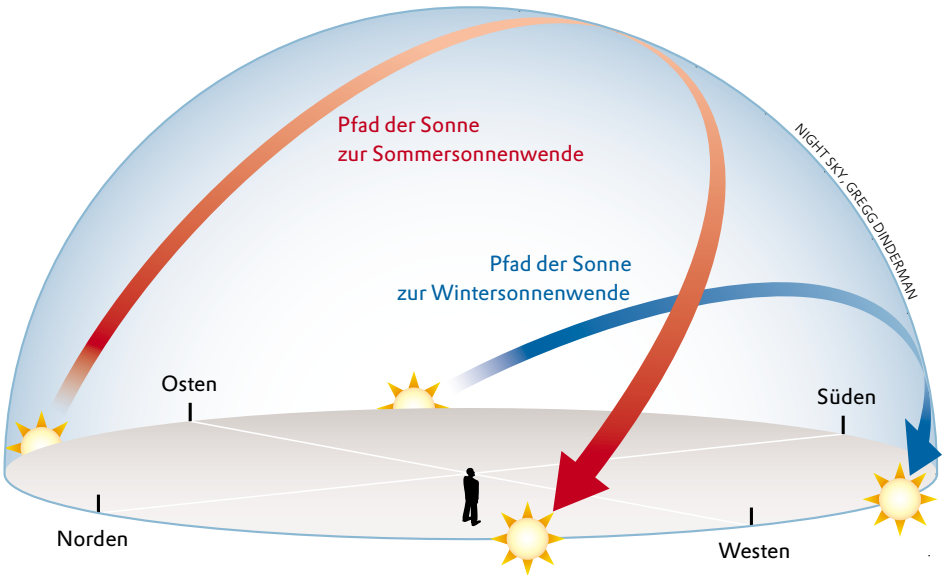
Jetzt können Sie nachvollziehen, warum auf den Hemisphären jeweils entgegengesetzte Jahreszeiten herrschen. Wenn der Nordpol zur Sonne gerichtet ist wie im Juli, zeigt der Südpol von ihr weg. Die Schweden haben die Gelegenheit, an ihrer Bräune zu arbeiten, während die Neuseeländer zu den Skihängen aufbrechen. Ein halbes Jahr danach ist die Situation umgekehrt.

Sie glauben immer noch, die Jahreszeiten entstehen durch Änderungen in der Entfernung zur Sonne? Mein bestes Argument habe ich mir für den Schluss aufgespart: Die Erde ist der Sonne in Wirklichkeit im Januar am nächsten und im Juli am weitesten von ihr entfernt! Wenn der Schlüssel in der Distanz läge, dann müssten auch für uns Bewohner der Nordhalbkugel die Winter heiß und die Sommer kalt sein. Während Sie dies hier lesen, wandert unser Planet zur Sonne hin, doch es wird nicht wärmer, sondern winterlich. <<

Phil Plait ist seit zwanzig Jahren Profiastronom und betreibt die »Bad Astronomy«-Website (www.badastronomy.com).

Der Kalender und der Klimawandel

Warum liegt die heißeste Zeit des Jahres nicht im späten Juni? Dann steht schließlich die Sonne am höchsten und die Tage sind am längsten. Doch unsere Umgebung wärmt sich durch das Sonnenlicht nicht sofort auf. Wasser zum Beispiel benötigt eine Menge Energie, um sich aufzuheizen. Nach einem langen Winter sind die Ozeane sehr kühl. Diese Kälte speichern sie wie Eisschränke und kühlen so wiederum die Atmosphäre. Selbst das starke Sonnenlicht im Hochsommer braucht eine Weile, bis es die riesigen Mengen Wasser erwärmt hat. Je nachdem, wo Sie leben – nahe der Küste oder im Landesinneren –, können die heißesten Tage des Sommers viele Tage oder Wochen nach dem längsten Tag des Jahres auftreten.



In den nördlichen mittleren Breiten wandelt sich der Pfad der Sonne erheblich – sowohl in der Länge als auch in der Höhe – zwischen den Sonnenwenden im Juni und Dezember.

Fernrohre (nicht nur) für Kinder

Lassen Sie sich beim Kauf nicht von maximaler Vergrößerung, sondern von Abbildungsqualität und Handhabung leiten. **>> Ed Ting**

Welches Teleskop eignet sich für Einsteiger, insbesondere Kinder? Diese Frage höre ich fast immer, wenn ich mit meinem lokalen Astronomieverein an Schulen Aufklärungsarbeit leiste. Darüber freue ich mich sehr, denn die Astronomie ist ein prima Hobby für Kinder. Sie finden dadurch zur Natur, können im Kreis der Familie schöne Stunden ohne Fernseher und Video- oder Computerspiele verbringen und lernen Sorgfalt und Geduld. Doch ein Fehlkauf kann schnell zu Frustration und Enttäuschung führen. Um das zu vermeiden, orientieren Sie sich einfach an den folgenden Vorschlägen. Dann dürfte einem unbeschwerten Start ins neue Vergnügen nichts im Weg stehen.

Bei Kindern ist zunächst das Alter von Belang. Für Jüngere von etwa sieben oder acht Jahren wählen Sie ein einfacheres, kürzeres und kleineres Teleskop, als wenn Sie eines für sich selbst kaufen. Möglicherweise auch ein robusteres, denn die kleinen Racker gehen oft ruppig mit den Geräten um. Ältere können auch mit größeren hantieren, deren Öffnung (Durchmesser der Linse oder des Spiegels) vier Zoll – ungefähr zehn Zentimeter – oder mehr beträgt.

Wie ernsthaft ist das Interesse Ihres Kinds? Und wird die Begeisterung für die Astronomie auch nach einem oder zwei Rückschlägen noch Bestand haben? Wenn Sie unsicher sind, planen Sie doch einfach für zwei, das heißt, entscheiden Sie sich für ein Gerät, an dem auch Sie selbst Freude haben.

SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN: NIGHT SKY, C. M. UTTER

Geben Sie Starthilfe!

Gerade am Anfang empfehle ich, Hilfestellung zu leisten, um den Lernprozess zu unterstützen. Der Aufbau des Teleskops und das Einstellen des ersten schwachen Himmelsobjekts machen in Begleitung eines Erwachsenen deutlich mehr Spaß und ziehen im Fall eines Misserfolgs weniger Frustration nach sich.

Viele der Ratschläge, die bei der Anschaffung eines Instruments gelten, sind unabhängig vom Alter des Käufers: Der wichtigste Faktor ist die Öffnung, also der Durchmesser der Optik, und nicht etwa deren Vergrößerung! Gerade bei »Kaufhausteleskopen« wird in diesem Punkt gerne übertrieben. Fallen Sie nicht darauf herein. Eine Faustregel für die maximale sinnvolle Vergrößerung ist: Öffnung (in Millimetern) mal zwei!

Je mehr Licht das Fernrohr sammelt, desto heller ist das Bild im Okular, was

Schon etwas größer sollten die Kleinen sein, um mit einem motorisierten, computergesteuerten katadioptrischen Fernrohr dieses Kalibers und Gewichts umzugehen!

Mögliche Einblicke Das Okular muss bequem erreichbar sein. Beim »Newton« (links) ist es oben seitlich angebracht, bei Refraktoren (rechts) unten, meist abgewinkelt.

die Beobachtung von lichtschwachen, sehr weit entfernten Objekten erleichtert. Doch gibt es für Kinder eine praktische Obergrenze. Erwachsene kommen auch mit Teleskopen und Öffnungen von acht, zehn oder gar zwölf Zoll zurecht. Doch die sind recht schwer und unhandlich. Daher sollten Sie Ihre Suche auf Modelle mit einer Öffnung von drei bis sechs Zoll konzentrieren.

Denken Sie auch an die Höhe des Instruments: Für Kinder ist es problematisch, bei großen Teleskopen der Bauart »Newton« (oben links, mit einer Dobson-Montierung) in das Okular zu schauen, denn es befindet sich am oberen Ende. Erwachsene haben meist keine Schwierigkeiten damit, auf ein Podest oder eine kleine Leiter zu steigen, um die erforderliche Einblickshöhe zu erreichen. Seien Sie stets dabei, wenn jüngere Kinder das versuchen. Wir schlagen Ihnen deshalb hier nur Modelle mit einer relativ niedrigen Bauhöhe vor.

Außerdem sollten Sie von billigen Angeboten in Kaufhäusern oder Discountmärkten Abstand nehmen. Besonders die regelrechten Spielzeugfernrohre sind zu meiden – Kinder sind oft von den bunten Verpackungen fasziniert und wollen gleich das erste Teleskop haben, das sie sehen.

Auf der letzten Seite dieses Artikels finden Sie eine kleine Auswahl an Instrumenten, die für junge Sterngucker gut geeignet und derzeit im Fachhandel erhältlich sind. Wenn Sie die Liste anschauen, werden Sie feststellen, dass es unterschiedliche Bauarten gibt. Refraktoren verwenden Linsen, um das Licht zu sammeln (oben rechts), Reflektoren hingegen Spiegel. Noch aufwändiger sind die katadioptrischen Systeme, bei denen sowohl Linsen als auch Spiegel zum Einsatz kommen (linke Seite). Erfahrene Beobachter tendieren meist zu der einen oder der anderen dieser Bauformen, doch für den Start ins Hobby eignen sich alle gleichermaßen. Mehr Informationen zu den einzelnen Teleskoptypen sowie Entscheidungshilfen gibt es in »Ein Fernrohr zu Weihnachten?«, AH 1-2/2005 ab S. 75.

Auf die Basis kommt es an

Für welches Modell Sie sich auch entscheiden, achten Sie auf die Art der Montierung, die das Teleskop trägt. Normalerweise können Sie kleine Teleskope auf stabilen Fotostativen befestigen, doch größere Geräte benötigen eine spezielle astronomische Montierung. Einfach aufgebaut ist die azimutale Montierung, auf der sich das Fernrohr nach rechts und links sowie nach oben und unten bewegen lässt. Um der Bewegung der Gestirne zu folgen, die infolge der Erdrotation auftritt, bewegen Sie ein solches Teleskop mit der Hand (beide Fotos oben) oder motorgetrieben (links) in die richtige Richtung. Eine äquatoriale (auch: parallaktische oder Deutsche) Montierung geht einen Schritt weiter; sie erfordert die Ausrichtung auf den Polarstern, den Nordstern. Dann können Sie dem Lauf der Gestirne durch gleichmäßige Drehung um nur eine Achse folgen.

Steht Ihr Sprössling auf technische Spielereien? Falls ja, ist ein computergesteuertes Fernrohr eine gute Wahl. In den letzten Jahren wurden diese Go-to-Teleskope bei vielen Sternfreunden immer beliebter, denn Sie können jedes Objekt Ihrer Wahl per Knopfdruck ansteuern (links). Nach dem Einschalten müssen Sie zuerst einige Informationen wie Datum, Uhrzeit und Ihren Beobachtungsort eingeben. Danach richtet sich das Fernrohr automatisch aus und fährt einige helle Sterne an, die Sie im Gesichtsfeld des Okulars zentrieren und bestätigen müssen. Jetzt sollte das Instrument in der Lage sein, jeden x-beliebigen Stern, Planeten sowie Deep-Sky-Objekte automatisch einzustellen. >

Viele Kinder unter acht Jahren können mit dem, was sie im Okular sehen, noch nicht viel anfangen. Das Beobachten im Familienkreis ist hilfreich (links). Wenn Sie nicht sicher sind, ob das Interesse von Dauer ist, wäre ein Spektiv eine Option (rechts).

> Wenn keiner in Ihrer Familie mit Computern etwas anfangen kann, ist ein Goto unter Umständen eher ein Hindernis denn ein hilfreiches Werkzeug. Dann kann es passieren, dass Sie mehr Zeit mit dem Ausprobieren der ganzen Funktionen verbringen als mit Beobachtungen, zumindest während der Einarbeitungsphase. Zudem sind viele der kleineren Modelle ziemlich leicht; wenn Sie im Dunkeln aus Versehen das Gerät verrücken oder gegen die Stativbeine stoßen, müssen Sie die Prozedur zum Ausrichten wiederholen. Nicht wenige Sternfreunde vertreten die Meinung, dass durch Verwendung eines Go-to-Teleskops ein Teil der Freude verloren geht und das Erlernen von Beobachtungstechniken entfällt. Dennoch kann sich ein solches Instrument für fortgeschrittene oder für besonders interessierte Kinder eignen.

Wenn Sie befürchten, dass bei Ihrem Nachwuchs das Interesse am Sternegucken nur von kurzer Dauer sein könnte, sollten Sie auch die Möglichkeit in Betracht ziehen, ein Spektiv anzuschaffen (Foto rechts oben; zweiteiliger Test: AH 5/2005, S. 66 und 6/2005, S. 60).

Mehr als ein halber Feldstecher

Eigentlich sind diese Geräte für den Gebrauch am Tag gedacht, doch in Verbindung mit einem stabilen Stativ eignen sie sich auch für den Einsatz in der Nacht. Sie liefern aufrechte, seitenrichtige Bilder. Doch Spektive haben auch Nachteile: Meist ist ihre Öffnung nicht größer als 60 bis 75 Millimeter und die maximale Vergrößerung beträgt nicht mehr als 50- bis 60fach. Ein Sucherfernrohr zum leichteren Anvisieren der Objekte in der Dunkelheit fehlt. Aber ein Spektiv kann – ebenso wie ein Feldstecher natürlich – auch dann noch gute Dienste leisten, wenn Ihr Kind das Interesse an der Astronomie verloren haben sollte.

Wenn Sie nicht das Glück haben, dass in Ihrer Nähe ein gut sortiertes Kaufhaus, ein großes Optikgeschäft mit Astro-Abteilung oder ein Fachhändler existiert, bietet sich der Versandhandel oder der Bezug über das Internet an. Studieren Sie die Herstelleranzeigen in ASTRONOMIE HEUTE. Dort werden in der Regel Geräte mit einer besseren Qualität angeboten als in einem Kaufhaus. Vielleicht gibt es an Ihrem Wohnort Astronomievereine oder Volkssternwarten, die öffentliche Beobachtungsabende anbieten. Das sind exzellente Gelegenheiten, um verschiedene Teleskoptypen einmal auszuprobieren und von den »alten Hasen« Antworten auf Ihre Fragen zu bekommen. Sehen Sie sich auf jeden Fall die Modelle an, die am Ende dieses Artikels vorgestellt werden: Es ist ein Querschnitt durch das Angebot qualitativ guter Geräte mit vernünftiger Leistung zu einem akzeptablen Preis.

Je intensiver Sie sich mit der Materie beschäftigen, desto mehr Details fallen ins Gewicht: Prüfen Sie, ob im Lieferumfang des Teleskops ein oder mehr Okulare enthalten sind, ob vielleicht sogar eine Planetariumssoftware für Ihren Computer beiliegt und ob der Sucher vergrößert oder nicht.

Achten Sie besonders auf die Garantiebestimmungen, die Möglichkeit zur Rückgabe des Geräts und auf eine ausführliche, deutschsprachige Anleitung, die möglichst auch in elektronischer Form vorliegen sollte, falls das gedruckte Exemplar einmal abhanden kommt. Übrigens stammen heutzutage die meisten Einsteigergeräte aus asiatischer Produktion. Oft bieten verschiedene Hersteller ein- und dasselbe Modell mit kleinen Modifikationen oder einer etwas veränderten Grundausstattung an.

Nutzen Sie die Vorfreude!

Wenn Sie Ihre Bestellung getätigt haben und nun auf die Lieferung warten, können Sie die Zeit sinnvoll nutzen. Identifizieren Sie in einer klaren Nacht einige Sternbilder, wobei die Himmelskarten in der Heftmitte jeder Ausgabe hilfreich sind. Wenn Sie in einigen Nächten auch nur eine halbe Stunde unter dem Sternhimmel verbringen, wird sich das später auszahlen. Schlagen Sie Ihrem Kind vor, die gefundenen Sternbilder zu zeichnen. Und wundern Sie sich nicht, wenn Sie >

ANZEIGE

> selbst auch Gefallen an dieser scheinbar simplen Beschäftigung finden. Nach dem Großen Wagen, dem Polarstern oder dem Wintersechseck Ausschau zu halten kann viel Spaß machen.

Wenn Sie bereits ein Fernglas besitzen, versuchen Sie doch, damit den Mond oder diejenigen Objekte ins Visier zu nehmen, die AH in jeder Ausgabe als Feldstechertipp vorstellt. Ferngläser haben den Nachteil, dass es nicht möglich ist, jemand anderen durchschauen zu lassen, es sei denn, Sie montieren es auf einem Stativ oder einer speziellen Halterung (»Kleines Feldstecher-Abc«, AH März/April 2003, S. 76). Gerade für die Kleinen ist es oft anstrengend und gar nicht so leicht, das Gerät ruhig zu halten. Aber ein Feldstecher ist ein hervorragendes Beobachtungsinstrument und als Zwischenstufe auf dem Weg zu einem Teleskop äußerst nützlich!

Die Sinne schärfen

Sie können einen kleinen Augentest durchführen, indem Sie mit Ihrem Fernglas den Stern Mizar anpeilen, den mittleren Stern in der Deichsel des Großen Wagens. Daneben steht ein zweiter, schwächerer Stern, der Alkor heißt. Können Sie beide, Mizar und Alkor, auch ohne das Fernglas mit bloßen Augen sehen? Wenn ja, dann ist es um Ihre Sehkraft gut bestellt. Das ist nur ein Appetithäppchen für die zahlreichen Entdeckungen, die Ihnen bevorstehen.

Wenn Ihr Fernrohr dann geliefert wird, sollten Sie Ihrem Kind unbedingt die Gelegenheit geben, beim Auspacken und Aufbau mitzuhelfen. Dabei lernt es nämlich die Bestandteile und deren Funktion kennen. Ich habe kürzlich von einer Familie erfahren, die den ersten Aufbau ihres Teleskops zu einer gemeinsamen Veranstaltung gemacht hat, das Ganze sogar auf Video aufzeichnete!

Der instinktive Griff zum Okular lässt das Bild wackeln. Das Durchschauen ohne anzustoßen will gelernt sein und braucht Geduld und Übung.

Astronomen erzählen augenzwinkernd von einer Formulierung des Murphy'schen Gesetzes, laut der einem Fernrohrkauf immer eine Schlechtwetterphase mit vielen Wolken folgt. Ich will hoffen, dass Sie nicht davon betroffen sind. Wenn doch, nutzen Sie die Zeit, um sich mit der Bedienung Ihres Teleskops vertraut zu machen und das kleine Sucherfernrohr exakt parallel zum Hauptfernrohr auszurichten. Dazu stellen Sie das Gerät am Tag oder in der Dämmerung ins Freie und visieren ein weit entferntes Objekt an, etwa einen Sendemast, Schornstein oder Baumwipfel. Dann drehen Sie die Halterungsschrauben des Sucherfernrohrs so lange, bis in der Mitte des Fadenkreuzes das gleiche Objekt erscheint. Wenn Ihr Teleskop über einen Leuchtpunkt-Sucher mit einer roten LED verfügt, müssen Sie eventuell Ihre Hand über den vorderen Teil des Suchers legen, um im Hellen den roten Punkt erkennen zu können. In jedem Fall wird für diese Ausrichtung der Sucher verstellt und zum Hauptrohr parallel ausgerichtet, nicht etwa umgekehrt.

Üben Sie mit Ihrer Tochter oder Ihrem Sohn das Ausrichten auf weit entfernte Objekte am Tag, erst durch das Sucherfernrohr und dann im Hauptinstrument. Achten Sie tunlichst darauf, niemals in die Nähe der Sonne zu geraten! Rechnen Sie anfangs mit Phasen, in denen Ihr Kind nur durch Ausprobieren und wiederholte Versuche schließlich zum Ziel gelangt. Irgendwann wird ihm die Bedienung des Teleskops in Fleisch und Blut übergegangen sein. Gönnen Sie Ihrem Kind diese Lernphase und seien Sie geduldig. Viele preiswerte Fernrohre enthalten Teile aus Plastik, die leicht kaputt gehen können, wenn man sie falsch bedient, was nachts schnell passiert. Außerdem sollten Sie sich daran gewöhnen,

NIGHT SKY / J. KELLY BEATTY

Von Anfang an sollte der junge Eigentümer dabei sein, damit er das Instrument kennen lernt und sein Besitzerstolz angekurbelt wird.

wie das Bild in Ihrem Teleskop erscheint: auf dem Kopf stehend, um neunzig Grad verdreht oder vielleicht sogar spiegelverkehrt (»Orientierung am Teleskop«, AH 3/2005, S. 64).

Auch wenn Sie sich für ein computergesteuertes Go-to-Modell entschieden haben, befassen Sie sich am besten mit der Bedienung, bevor Sie es im Dunkeln unter den Sternen aufstellen. Üben Sie den Aufbau, die Initialisierung der Steuerung und die Suche nach den Leitsternen. Wählen Sie dafür einen hellen oder gut beleuchteten Standort, denn möglicherweise müssen Sie anfangs immer mal wieder einen Blick ins Handbuch werfen.

Jetzt geht's endlich los …

Draußen ist es klar und Sie können es kaum noch abwarten, das erste Himmelsobjekt mit dem Teleskop anzuschauen – die Astronomen sprechen vom First Light (»Erstes Licht«). Der beste Standort ist – wie immer – abseits der Straßenbeleuchtung. Setzen Sie das Okular mit der geringsten Vergrößerung ein (das mit der längsten Brennweite). Ist der Mond zu sehen, eignet er sich als ideales Objekt für den Start. Wenn Ihr Nachwuchs die Benutzung des Sucherteleskops ein wenig geübt hat, sollte unser Trabant ein relativ einfaches Ziel sein.

Erinnern Sie Ihr Kind daran, dass es gelöst in das Okular blicken sollte, nicht angespannt oder verkrampft. Mit ein bisschen Glück wird die Reaktion ein lautes »Cool!« sein. Wenn ein Fußschemel oder eine Leiter vonnöten ist, nehmen Sie Ihr Kind an die Hand und greifen Sie ein, falls es das Gleichgewicht verliert. Nicht lachen, das kann leicht passieren! Sehr junge Kinder haben hin und wieder Probleme, im richtigen Winkel – nämlich gerade – in ein Okular zu schauen. Aber Sie können das leicht überprüfen: Stellen Sie den Mond im Fernrohr ein und schauen Sie in das Auge des Kinds, während es in das Okular blickt. Wenn dort ein heller Kreis aus Licht seine Pupille erleuchtet, sieht es den Mond.

Für Einsteiger gleich welchen Alters ist ein baldiges Erfolgserlebnis wichtig. Daher ist es keine gute Idee, zu Beginn nach weit entfernten, schwach leuchtenden Galaxien oder Nebeln zu suchen. Lassen Sie, wenn möglich, Ihr Kind die Objekte alleine finden und bieten Sie Ihre Hilfe an. Anfangs sind Fehlversuche unvermeidlich, aber Sie können Ihr Kind damit trösten, dass auch erfahrene Beobachter zuweilen vergeblich nach einem Objekt suchen. Notieren Sie, was Sie nicht gefunden haben, und versuchen Sie es in einer anderen Nacht noch einmal.

Wenn der Mond oder ein Planet eingestellt ist, wechseln Sie einmal zu einem Okular mit einer höheren Vergrößerung (also mit kürzerer Brennweite). Beobachten Sie, wie sich das Bild verändert: Das Objekt erscheint zwar größer, meist aber nicht mehr so scharf. Das Einstellen des exakten Schärfepunkts wird problematischer und das Objekt wandert langsam aus dem Gesichtsfeld. Auf dem Mond werden kleinere Krater innerhalb der großen sichtbar. Beim Planeten Jupiter können Sie nach den dunklen Wolkenbändern Ausschau halten, die beiderseits der Äquatorebene verlaufen. Nun wechseln Sie wieder zu der geringeren Vergrößerung. Können Sie die Details, die Sie bei hoher Vergrößerung sahen, immer noch erkennen?

Dabeibleiben ist alles

Leider verblasst bei vielen Kindern das Interesse am Sternegucken nach einiger Zeit. Astronomie ist ein Hobby, das Geduld erfordert und bei dem sich der Erfolg nur in kleinen Schritten einstellt. Immer wieder ist Warten angesagt – bis Ihr Teleskop einsatzbereit ist, bis eine klare Nacht kommt, bis der Mond verschwindet – oder wieder kommt. Zumindest lehrt uns die Astronomie, eine klare und dunkle Nacht zu schätzen und das Beste daraus zu machen. In einer Welt, wo scheinbar nur noch der schnelle Erfolg zählt, kann die Erkenntnis »Gut Ding will Weile haben« einen tiefen Eindruck hinterlassen.

Jede Jahreszeit bietet am Himmel neue Objekte zum Anschauen. Manche Familien führen einen Terminkalender, in dem über das Jahr verteilt die Zeiten angestrichen sind, zu denen bestimmte Objekte beobachtet werden können: etwa den Orionnebel, die Andromeda-Galaxie oder die fünf hellen Planeten. Wenn Ihr Kind bei der Stange bleibt, ziehen Sie doch einmal gemeinsame Aktivitäten in Erwägung, zum Beispiel eine Exkursion an einen Standort mit besonders dunklem Himmel oder den Besuch eines Teleskoptreffens oder einer Sternwarte in Ihrer Nähe.

Auf der letzten Veranstaltung dieser Art fiel mir ein kleiner Junge auf, der unermüdlich von einem Teleskop zum nächsten lief, um sich verschiedene Objekte anzusehen. Schon bald schaute seine Mutter nach ihm. Der Kleine nahm sie mit zu den Instrumenten und animierte sie zum Durchgucken. Wir mussten der Mutter nicht sagen, dass Albireo ein Doppelstern ist, dass der Ringnebel M 57 einen explodierten Stern darstellt und M 13 ein gigantischer Kugelsternhaufen ist – das wurde ihr alles von ihrem Sprössling erklärt. Als die beiden sich verabschiedeten, sagte die völlig überraschte Mutter zu mir: »Vielen Dank. Das war die schönste Freizeitaktivität mit meinem Sohn seit Monaten.« <<

Ed Ting und andere Mitglieder der »New Hampshire Astronomical Society« veranstalten in jedem Jahr zahlreiche Beobachtungsabende für Schulkinder.

Buchtipp: Fernrohrführerschein in vier Schritten. Von Ronald Stoyan, Oculum Verlag, Erlangen 2005. www.science-shop.de/artikel/691984

Webtipp: Sternwarten und Vereine in Ihrer Nähe www.astronomie.de/gad/

Astroshop.biz

Der Astronomie-Fachversand:
- **kleine Preise**
- **freundliche Beratung**
- **schnelle Lieferung**

GUTSCHEIN-AKTION!
Wir wollen, dass Sie uns kennenlernen: Fordern Sie Ihren persönlichen Gutschein in Höhe von 10,- EUR an – ganz einfach per Telefon, Fax oder E-Mail!

Besuchen Sie unseren Online-Shop unter **www.Astroshop.biz** !

E-Mail: Mail@Astroshop.biz
Tel.: 08191-915973
Fax: 08191-915974
Siemensstr. 12, 86899 Landsberg

WIR HABEN DAS KOMPLETTE SKY WATCHER PROGRAMM AUF LAGER:

Reflektoren	
114/500 EQ1	119,- EUR
130/900 EQ2	165,- EUR
150/1200 EQ3	295,- EUR
200/1000 EQ5	595,- EUR
254/1200 EQ6	1.245,- EUR
Refraktoren	
60/700 AZ2	69,- EUR
102/1000 EQ3	385,- EUR
120/1000 EQ5	565,- EUR
150/1200 EQ6	1.295,- EUR
Dobsons	
200/1200 DOB	279,- EUR
250/1200 DOB	538,- EUR
PYREX-Glas!	

GROSSES SORTIMENT:
Bei uns erhalten Sie alles, was Sie zur Astro-Beobachtung brauchen: Okulare, Filter, Adapter für die Astro-Fotografie, Motoren zur Nachführung, Literatur u.v.m.

NEUHEIT:
Sky Watcher ProSeries Maksutov 150/1800 H-EQ5
Noch vor kurzem war es nicht möglich, ein Teleskop mit ED Glas zu einem günstigen Preis anzubieten. Die neue Sky Watcher ProSeries-Teleskope mit FPL-53 Glas machen es jetzt möglich! Dieses ED-Glas minimiert fast gänzlich alle störenden und unscharf wirkenden Farbfehler. Es sorgt für einen besseren Kontrast bei größeren Auflösungen und ist besonders für die Astrofotografie geeignet.
Zur Einführung dieser kleinen Sensation bieten wir das Maksutov mit 150mm Durchmesser (!) auf einer H-EQ5 Montierung im edlen Design inklusive Stahlstativ und Transportkoffer an – und das für nur 1.479,- EUR. Eine Investition, die man nicht bereut!

Celestron

08145 8802 (Baader Planetarium);
www.celestron.de

Das »Star Hopper 6« ist ein Newton-Spiegelteleskop mit Dobson-Montierung, 150 Millimeter Öffnung und 1200 Millimeter Brennweite. Der Tubus besteht aus ziemlich strapazierfähigem Aluminium. Die Bewegungen der Montierung laufen butterweich. Das ist keineswegs bei allen Herstellern eine Selbstverständlichkeit. Sogar an eine Verstellmöglichkeit zum Gewichtsausgleich bei unterschiedlich schweren Okularen wurde gedacht. Der Preis mit Sucher und einem Okular beträgt 358,– €.

Ebenfalls von Celestron kommt die Modellreihe »Firstscope«. Da gibt es zum Beispiel den Refraktor 70/900 EQ-1 mit 70 Millimeter Öffnung und 900 Millimeter Brennweite auf einer parallaktischen Montierung, inklusive Sucher, zwei Okularen, Zenitprisma und Software für 149,– €. Oder einen Newton mit 114 Millimeter Öffnung, 900 Millimeter Brennweite und sonst gleicher Ausstattung für 195,– €.

Vixen

02154 81650; www.vixen-europe.de

Beim A70Lf handelt es sich um ein solide verarbeitetes Einsteigermodell, einen Refraktor mit 70 Millimeter Öffnung und 900 Millimeter Brennweite. Besonders Sonne, Mond und Planeten lassen sich damit gut beobachten. Das Fernrohr ruht auf einer stabilen einarmigen azimutalen Montierung namens Porta. Das höhenverstellbare Alustativ, ein Zenitspiegel sowie zwei Okulare mit 35- und 143facher Vergrößerung sind im Preis von 409,– € enthalten.

Der kleinste Newton von Vixen (114 Millimeter Öffnung und 900 Millimeter Brennweite) kostet mit Montierung schon 599,– €, stellt aber das Herzstück eines ausbaufähigen Systems dar, das sich auch für die Astrofotografie eignet.

Meade / Bresser

02861 931720;
www.meade.de, www.bresser.de

Unter der Bezeichnung »Bresser Messier N-130« ist seit November 2005 ein parallaktisch montiertes Newton-Teleskop mit 130 Millimeter Öffnung und einer Brennweite von einem Meter verfügbar. Es eignet sich gut für die Beobachtung von Mond, Planeten und zahlreichen Deep-Sky-Objekten.

Wer einen Refraktor bevorzugt, kann sich für den ebenfalls neuen »Bresser Messier R-90« entscheiden, der 90 Millimeter Öffnung und 900 Millimeter Brennweite für 249,– € bietet. Auch er ist parallaktisch montiert. Gegenüber dem N-130 hat er zwar eine kleinere Öffnung, ist aber robuster und damit kindgerechter.

Sky-Watcher

0711 95 76017; www.fernrohrland.de

Der Hersteller Synta verkauft unter dem Handelsnamen Sky-Watcher den »102/500 mm AZ-3«, einen Refraktor mit vier Zoll Öffnung und einer Brennweite von einem halben Meter. Im Lieferumfang ist eine azimutale Montierung, ein Zwei-Zoll-Okularauszug, ein Sucher, zwei Okulare, ein Amiciprisma für seitenrichtige und aufrechte Bilder sowie ein Stativ enthalten. Kostenpunkt: 269,– € (179,– € mit 70 Millimeter Öffnung).

Mehr Lichtausbeute bietet ein Newton-Spiegelteleskop mit 130 Millimeter bei einer Brennweite von 650 Millimetern. Es bietet ein farbreines Bild und ist auf einer EQ-2-Montierung parallaktisch aufgestellt. Zwei Okulare, eine Zweifach-Barlowlinse für die Verdoppelung der Vergrößerung, Leuchtpunktsucher und Stativ sind in einem Preis von 298,– € enthalten.

Bresser Messier N-130
130-Millimeter-f/7,7-Newton-Spiegelteleskop, Gesamtgewicht 20 Kilogramm, parallaktische Montierung und Stativ, drei Okulare und Zweifach-Barlowlinse

Vixen A70Lf-Porta
Zweilinsiger Refraktor mit 70 Millimeter Öffnung und 900 Millimeter Brennweite. Gewicht mit azimutaler Montierung und Stativ: 7,4 Kilogramm

Sky-Watcher 102/500mm AZ-3
Vier-Zoll-Refraktor sehr kurzer Brennweite für große Gesichtsfelder. Azimutale Montierung mit biegsamen Wellen zur Feinbewegung. Das mitgelieferte Amiciprisma hat einen 45-Grad-Einblick und liefert seitenrichtige, aufrecht stehende Bilder.

Celestron Star Hopper 6
150 Millimeter f/8 Newton auf einer manuell nachzuführenden Dobson-Montierung, 6×30-Sucher, 25-Millimeter-Okular für 48fache Vergrößerung

ALLE ABBILDUNGEN: HERSTELLERFOTOS

Heinz Neckel
Sterne über Ost und West
Schul- und Studienzeit eines Astronomen 1937–1956

Zeitgut Verlag, Berlin 2005
128 Seiten, 28 Schwarz-Weiß-Fotos
ISBN 3-933336-84-8
12,80 €

Ein bewegtes Astronomenleben

Der heute 75-jährige Heinz Neckel, 28 Jahre lang Hauptobservator an der Hamburger Sternwarte, erinnert sich in seinem Buch »Sterne über Ost und West« an seine frühen Astronomenjahre im Deutschland der Nachkriegszeit. Bereits 1946 entdeckte er seine Liebe zur Astronomie und begann unter abenteuerlichen Umständen, seine ersten Fernrohre zusammenzubauen. Als 16-Jähriger suchte er auf ehemaligen Luftwaffenstützpunkten nach brauchbaren Teilen und bezog die wenigen damals erhältlichen Astropublikationen.

Finanzielle Unterstützung für sein Hobby bekam er durch sowjetische Offiziere, die er bei Trinkgelagen durch sein Teleskop schauen ließ. 1950 begann er ein naturwissenschaftliches Studium an der Universität Rostock, ein Jahr später wechselte er nach Jena. 1952 ging er schließlich nach Westdeutschland und begann in Heidelberg Astronomie zu studieren. Seine Anfangsjahre als studentischer Flüchtling in der Bundesrepublik, die er in diesem Buch sehr anschaulich beschreibt, waren dabei alles andere als leicht.

Neckels Autobiografie ist nicht nur für Sternliebhaber lesenswert. Zwar schildert er seinen Lebensweg immer mit Blick auf seine persönliche wissenschaftliche Entwicklung. Seine Beschreibungen werfen jedoch auch ein Licht auf die damalige gesellschaftliche Situation, was das Buch für einen großen Leserkreis interessant macht. Mitunter muss man ihm jedoch einen stark fragmentarischen Erzählstil nachsehen. Dieser kann, wenn Erinnerungen aus so großer zeitlicher Distanz aufgeschrieben werden, aber wohl nicht ausbleiben. An manchen Stellen verwendet Neckel gehäuft Fachtermini, ein Glossar bietet hier Orientierungshilfe.

Insgesamt ein lesenswertes Buch, das neben fachlich interessanten und historisch aufschlussreichen auch erfrischende belletristische Fassetten bereithält.

>> Frank Schubert

Michael H. Gorn
Die Geschichte der Nasa

Knesebeck Verlag, Hamburg 2005
Gebunden, 24 x 28 cm, 304 Seiten
mit 500 meist farbigen Abbildungen
ISBN 3-896-60308-6
39,95 €

Geschichtsbuch für Raumfahrtfans

Die US-Raumfahrt feiert in wenigen Jahren ihren 50. Geburtstag. Grund genug, schon jetzt auf dem Weg dorthin ihrer Pioniertaten zu gedenken. Der US-Historiker und Fachautor Michael Gorn hat diese Aufgabe angenommen.

In seinem prächtigen Bildband mit dem Titel »Die Geschichte der Nasa« spannt Gorn den Bogen von den Anfängen der neuen Technologie in der noch jungen Luftfahrt zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts bis zu den aktuellen Marsmissionen.

Die wechselvolle und dramatische Geschichte breitet er in zahlreichen interessanten Bilddokumenten des Nasa-Archivs aus: die ersten Überschallflüge, die amerikanische Reaktion nach dem Sputnik-Schock, der triumphale Sieg im Wettlauf zum Mond. Dann in den 1970ern die Rückbesinnung auf den erdnahen Raum mit Skylab und dem Spaceshuttle, dessen Erfolge und auch die Desaster, für die die Namen Challenger und Columbia stehen. Schließlich die Internationale Raumstation ISS.

Neben vielen Astronauten – das Vorwort stammt vom zweiten Mann auf dem Mond, Buzz Aldrin – stellt der Autor einflussreiche Persönlichkeiten aus Politik und Wissenschaft vor, die den Kurs der Nasa bestimmten. Gorn konzentriert seine Darstellung auf den Teil der Raketenentwicklung, der auf amerikanischem Boden stattfand. Die Geschichte der ersten großen Flüssigkeitsrakete im militärischen V2/A4-Projekt in Deutschland wird dagegen nur gestreift. Auch die unbemannten Nasa-Sonden zu Monden und Planeten kommen, verglichen mit der Würdigung der Luftfahrthistorie, etwas zu kurz.

Trotzdem ein sehr gelungenes Buch, das, etwa unter einem Weihnachtsbaum platziert, die ereignisarmen Tage am Jahresende wie im (Raum-)Flug vergehen lassen dürfte.

>> Thorsten Dambeck

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online bestellen

Internet: www.science-shop.de

per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de

telefonisch: 06221 9126-841

per Fax: 06221 9126-869

DVD

Raumschiff Erde
Die Abenteuer unserer Erde auf ihrer Reise rund um die Sonne

Polyband, München 2005
Spielzeit: 6 Stunden 40 Minuten
Sprachen/ Tonformat: D, E, F/ Dolby Digital 2.0
Ländercode: 2
20,90 €

Zum Mitfliegen

Haben Sie sich auch schon immer gefragt, warum der September der neunte Monat im Jahr ist, obwohl die lateinische Vorsilbe »sept-« doch sieben bezeichnet? Warum es mal bei Vollmond, mal bei Neumond zur Springflut kommt? Warum die Sonne in den Tagen vor der Wintersonnenwende stets zur gleichen Zeit unter-, aber immer später aufgeht?

Dann könnte die Filmdokumentation, die als Doppel-DVD von der Firma Polyband produziert wird, genau das Richtige für Sie sein. Die Spielzeit der beiden DVDs beträgt sechs Stunden und vierzig Minuten. Im Filmmenü stehen drei Sprachen zur Auswahl: Deutsch, Französisch und Englisch.

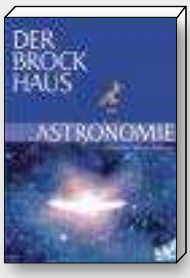
Worum geht es in »Raumschiff Erde«? Um die Besonderheiten unseres Heimatplaneten und seine Stellung im Sonnensystem. Computeranimationen zeigen den Lauf der Erde um die Sonne, die Entstehung der Jahreszeiten, aber auch das Zustandekommen der Mondphasen. Der Zuschauer erfährt, warum es Ebbe und Flut gibt, worin sich gregorianischer und julianischer Kalender unterscheiden, woher die Schalttage kommen. Wer wissen möchte, welche astronomische Bedeutung die Tag-und-Nacht-Gleiche besitzt oder warum sich der Erdtrabant manchmal vor den Saturn schiebt – hier findet er die Antwort.

Die beiden DVDs sind voll gestopft mit Wissen. Warum und wie kommt es zu Planetenkonjunktionen? Der Film zeigt es. Wann sehe ich das Sternbild Orion am besten oder was unterscheidet die erdähnlichen Planeten von den Gasriesen des äußeren Sonnensystems? Die Dokumentation informiert Sie auch hierüber.

Äußerst praktisch ist das Begleitheft. Es enthält einen Themenindex, mit dessen Hilfe Sie die beiden DVDs sehr effektiv nutzen können. Schauen Sie einfach unter einem der 500 Stichwörter nach, zum Beispiel bei Sonnenfinsternis, und Sie finden alle Filmkapitel aufgelistet, in denen das jeweilige Thema besprochen wird.

Die Dokumentation ist chronologisch aufgebaut. Auf der ersten DVD Winter und Frühling, auf der zweiten Sommer und Herbst, und innerhalb der Jahreszeiten nach Kalenderwochen aufgeteilt. Das lässt einen starken jahreszeitlichen Bezug der Informationen vermuten. Mir ist es jedoch häufig schwer gefallen, einen solchen zu entdecken. Die Abfolge der besprochenen Themen erscheint zum Teil recht willkürlich: Auskünfte zum jahreszeitlichen Sternhimmel mischen sich übergangslos mit Betrachtungen zur Kernfusion in der Sonne, Informationen zum saisonalen Mond-Erde-Abstand wechseln sich unvermittelt mit allgemeinen Erkenntnissen der Planetologie ab. Dieses Hin- und Herspringen ist zum Teil verwirrend. An der Darstellung der Themen selbst gibt es jedoch wenig auszusetzen.

»Raumschiff Erde« richtet sich an das breite Publikum. »Hier können Sie alles sehen und verstehen«, wirbt die Dokumentation für sich. Das stimmt auch. Trotz eines gewissen Durcheinanders ist der Streifen verständlich, informativ, insgesamt überzeugend und zwanzig Euro allemal wert. Meine Empfehlung: Greifen Sie zu! >>Frank Schubert



Der Brockhaus Astronomie

Verlag F. A. Brockhaus, Mannheim 2005
500 Abbildungen, 115 Übersichten und Tabellen
ISBN 3-7653-1231-2
34,95 €

Ein Mehrpfünder

Nun, genau genommen bringt dieses Lexikon mit seinen rund 550 Seiten sogar über drei Pfund auf die Waage. Beim ersten Aufschlagen fällt die durchgehend farbige Bebilderung auf. Sie führt dem Leser Sachverhalte anschaulich vor Augen. Allerdings zieht dies – zusammen mit den zahlreichen Schriftarten und -schnitten – ein unruhiges Layout nach sich.

Auch lässt der Einsatz von Querverweisen und Infografiken stellenweise Wünsche offen. Beispielsweise bei den Kuiper-Gürtel-Objekten (KBOs): Hier fehlen zum einen die Verweise auf die einzeln aufgeführten Quaoar, Sedna und Varuna. Zum anderen findet die derzeitige Diskussion, ob Pluto zu den KBOs und nicht zu den Planeten gerechnet werden muss, hier keine Erwähnung. Die künstlerische Darstellung des Kuiper-Gürtels gibt die Größenverhältnisse nicht maßstabsgetreu wieder.

Auch die Sternkarten, die auf dem Einband erwähnt sind, hätten eine detailliertere Gestaltung verdient.

Die Wahl der Schriften führt stellenweise zu einem Lesbarkeitsproblem. So könnte I Zwicky auch l- oder 1-Zwicky heißen. Bei der Formeldarstellung der Lorentzkontraktion verfälscht es sogar die Formel. Insgesamt stimmt aber das Preis-Leistungs-Verhältnis des Werks und so wird es zu Recht seine Abnehmer finden. >> Oliver Dreissigacker

TV-PROGRAMM

Sonntag, 20. November

Spaceshuttle – Schwertransport ins All

Als diese Dokumentation entstand, war die Besatzung der Columbia noch am Leben. Wenig später, am 1. Februar 2003, starben die sieben Astronauten bei ihrem Rückflug von der Umlaufbahn. Schon 1986, bei der Explosion der Challenger während des Aufstiegs, waren sieben Raumfahrer verunglückt. Die Dokumentation stellt die Technik der verbliebenen Raumfähren Atlantis, Endeavour und Discovery vor und zeigt die Columbia kurz vor ihrem letzten Aufbruch ins All

N24, 15.05 Uhr, Wdh. um 2.05 Uhr und am 21.11. um 4.40 Uhr

SWR, B. KARWATH

Planet Wissen Schwerpunktwoche »Sonnensystem und Universum« vom 21. bis zum 25.11.

21.11.: Rückkehr zum Mond
22.11.: Erdentstehung – Von der Feuerkugel zum Blauen Planeten
23.11.: Abenteuer Sonnensystem – Die Erkundung der Planeten
24.11.: Kosmische Rätsel – Der tiefe Blick ins Universum
25.11.: Labor Erde – Der Weg zum Leben

SÜDWEST Fernsehen, 14.00 Uhr, WDR 15.00 Uhr (Wdh. am nächsten Tag um 7.30 Uhr), Bayern alpha 16.15 Uhr (Wdh. am nächsten Tag um 6.15 Uhr)

Montag, 21. November

TimeSlot-Magazine

Titelthema: Vor 15 Milliarden Jahren wurde mit dem Urknall unser Universum geboren. Am Genfer Forschungslabor Cern wollen Physiker den Zustand des Weltalls nach dem Urknall simulieren

Discovery Channel, 9.15 Uhr

Wunderbare Welt Albert Einstein – Relativ genial

Der bettlägerige Junge bekommt von seinem Vater einen Kompass geschenkt. Fasziniert von der Nadel, die immer nach Norden zeigt, beschließt der kranke Knabe, die Kräfte verstehen zu lernen, die in der Natur wirken. Er ist ein intelligenter Schüler, doch er kommt mit dem starren System nicht zurecht – und bricht die Schule ab. Jahre später gilt Albert Einstein als einer der bedeutendsten Physiker des 20. Jahrhunderts. Eine Sendung zum derzeitigen Einsteinjahr

ZDF, 14.15 Uhr

Sonntag, 27. November

nachtstudio E = mc² – Auf der Suche nach der Weltformel

Mit den Physikern Hermann Nicolai, Renate Lol und Christof Wetterich. Für »normale« Menschen kaum zu verstehen, ist die Allgemeine Relativitätstheorie auch für Wissenschaftler eine harte Nuss. Bis zu seinem Lebensende hat Einstein über die Weltformel nachgedacht und nach ihr geforscht. Vergebens.

Forscher auf der ganzen Welt sind bis heute auf der Suche nach einer solchen Formel. Aber trotz neuer Entdeckungen wie Quantenschäume und String-Theorie: Es will nicht gelingen, das Kleinste der Quantenphysik mit dem Größten der Kosmologie in einer Gleichung zu vereinen. Dennoch zweifelt kaum ein Forscher daran, dass es irgendwann einen Durchbruch geben wird, sodass zumindest die Physiker dann wissen, was die Welt im Innersten zusammenhält

ZDF, 1.15 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

ZDF; TRICK WENDLANDT

Faszination Universum

(1) Tödliche Begegnung, 27. November
(2) Exotische Welten, 4. Dezember
(3) Das Ende der Zeit, 11. Dezember

In den neuen Folgen des Wissensmagazins von und mit Joachim Bublath geht es unter anderem um Asteroiden. Zwischen Mars und Jupiter liegt der Asteroidengürtel. Dort könnte sich jederzeit ein Brocken lösen und auf Kollisionskurs mit der Erde geraten. Europäische Forscher der Mission »Don Quijote« erforschen, wie man Asteroiden von ihrer Bahn ablenken könnte, um einen Einschlag auf der Erde zu verhindern. Gesteinsproben liegen den Experten bald vor: Ende November soll die japanische Raumsonde Hayabusa nach zweieinhalbjähriger Reise durchs All Bodenproben auf dem Asteroiden Itokawa einsammeln und zur Erde bringen

ZDF, 19.30 Uhr

Dienstag, 29. November

TimeSlot-Magazine

Um bei einer Raumfahrtmission dabei sein zu dürfen, durchlaufen Astronauten ein hartes Training: Während der fünfjährigen Ausbildung werden die extremen körperlichen Belastungen simuliert

Discovery Channel, 9.15 Uhr

Mittwoch, 30. November

Wunderbare Welt: Mondsüchtig – Verschwörung um die Apollo-Mission

Seit Neil Armstrong 1969 als erster Mensch den Mond betrat, ranken sich Verschwörungstheorien um die Mondlandung, bis hin zur Behauptung, das gesamte Weltereignis sei lediglich eine irdische Filmproduktion. Mit Originalaufnahmen und nachgestellten

Szenen beleuchtet »Mondsüchtig« die verschiedenen Argumente
3sat, 16.30 Uhr

Donnerstag, 1. Dezember

Alpha-Lexikon
Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik
Sergej Koroljow und der erste Satellit im All
Bayern alpha, 17.15 Uhr

Donnerstag, 8. Dezember

Antarctica (8/13)
Meteoriten aus dem wandernden Eis
Meteoriten lassen sich in den Schneefeldern der Antarktis besonders leicht finden. Japanische Forscher, die in der Nähe antarktischer Gipfel und Bergketten nach ihnen suchten, spürten bis zu hundert pro Tag auf – rund doppelt so viele wie in Japan
SWR, 8.25 Uhr

EVENTS

25.11.: Vortrag »Faszination Astrofotografie« von Stefan Seip. Ort: Backnanger Bürgerhaus, Fritz-Schweizer-Saal, Bahnhofstraße 7, Backnang
8.12.: Vortrag »Faszination Astrofotografie« von Stefan Seip. Ort: Kupferbau der Universität Tübingen, Hölderlinstraße 5, Tübingen. Internet: www.astromeeting.de/vortrag.htm

3.12.: Die Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie (WAA) lädt zu ihrer Jahrestagung 2005 ein. Gehalten werden Vorträge aus Wissenschaft und Amateurastronomie im Kolpinghaus Wien 9, Althanstraße 51, A-1090 Wien. Info: Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie, Tel.: +43 664 2561221 (täglich von 14–21 Uhr), Internet: www.waa.at

22.–28.1.: Das Seminar »Praktische Astronomie für Einsteiger – Einführung in die Technik und Methodik der astronomischen Beobachtung« im Kulm-Hotel Gornergrat nahe Zermatt findet auf 3135 Meter Höhe statt. So haben die Teilnehmer einen atemberaubenden Blick in die Sterne. Mit fachkundiger Unterstützung können die frisch gebackenen Hobbyastronomen dann den Himmel beobachten. Info und Anmeldung: Werner E. Celnik, Graudenzer Weg 5, D-47495 Rheinberg, E-Mail: werner.e.celnik@astrographic.de

Dezember – Februar: »Rückkehr ins All« heißt die Ausstellung in der Galerie der Gegenwart – noch bis zum 12. Februar 2006 in der Hamburger Kunsthalle zu sehen. Zwanzig Künstler haben sich mit dem Weltraum auseinander gesetzt und präsentieren ihre Werke, darunter Gemälde, Fotoarbeiten und Videos. Nachdem sich in den 1960er Jahren viele für die Eroberung des Weltraums durch den Menschen interessiert hatten, kam es nach der Mondlandung zu einer Schaffenspause, was astronomische Kunst angeht. Neue Aufnahmen ferner Galaxien und die Entdeckung Schwarzer Löcher weckten im 21. Jahrhundert auch bei Künstlern wieder stärkeres Interesse. Öffnungszeiten: Di - So 10 bis 18 Uhr, Do bis 21 Uhr, 1. und 2. Weihnachtsfeiertag 10 bis 18 Uhr, Silvester und Neujahr 12 bis 18 Uhr, Eintritt: 6 €, Jugendliche unter 18 Jahren frei. Info: Hamburger Kunsthalle, Glockengießerwall 1, D-20095 Hamburg, Tel.: 040 428131200, E-mail: info@hamburger-kunsthalle.de, Internet: www.hamburger-kunsthalle.de

Dezember – März:
Neben den regelmäßigen Führungen (noch bis März jeweils Di und Fr um 21 Uhr, Sa um 17 und 20 Uhr) lädt die Kuffner Sternwarte am 1.12. um 19.30 Uhr ein zum Workshop »Mars, neue Erkenntnisse vom Wüstenplaneten« mit Siegfried Bauer, Professor am Institut für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie der Universität Graz. Fast zwei Jahre sind vergangen, seitdem Europas Sonde Mars Express in eine Umlaufbahn um den Roten Planeten einschwenkte und eine Vielzahl an spektakulären Bildern und Daten zur Erde funkte. Das Seminar gibt einen Überblick über neue Erkenntnisse der Marsforschung. Info: Kuffner Sternwarte, Johann-Staud-Straße 10, A-1160 Wien, E-Mail: verein@kuffner-sternwarte.at, Internet: www.kuffner-sternwarte.at

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die März-Ausgabe schicken Sie bis zum 15. Januar 2005 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und wählen Sie eine Dankesprämie!

128 MB USB 1.1 Stick Silver mit Verlängerungskabel und Trageband (ab Win 98)

Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu 100 Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

Himmelsset für den Hobbyastronomen mit Sternkartenbuch, Sternführer, drehbarer Sternkarte und Rotlicht-Taschenlampe

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 12000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können Sie per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter:
www.astronomie-heute.de/abo

KLEINANZEIGEN

Astro - ServiceCenter
Daimlerstraße 6
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 2317815
Fax: 0531 / 2317816
info@astro-sc.de
www.astro-sc.de
Astro-optik BOCK
Das Fachgeschäft in Norddeutschland mit der großen Auswahl!
Ehrliche und kompetente Beratung durch erfahrene Hobbyastronomen
Wir liefern Teleskope und Zubehör **aller** Hersteller

»**Saharasky**« wurde im Oktober 2004 als erste private Sternwarte in Marokko eingeweiht. 400 m² Sternenterrasse mit super Saharahimmel ohne Lichtverschmutzung. Meade GPS und Refraktorteleskope. Kasbah Hotel unter deutscher Leitung.
www.saharasky.com

Profiteleskop Vixen FL102S Teleskop auf Stativ mit Motoren. Mehrere Okulare und Sonnenfilter. Zustand 1a. VB 3500,– NP ca. € 5000,–. Tel. 06173 321136

TAL-2M, 150/1200-Millimeter-f/8-Newton mit Okularen, Sonnenfilter und 12-Volt / 50-Hertz-Quartzsteuerung. Noch fünf Jahre Garantie, VHB 660,–€. Tel. 0172 5417589

Meade ETX 90 EC mit Autostar, Transportkoffer, Tischdreibeinstativ, Okular SP 26 mm und Plössel 9 mm sowie 2 Farbfiltern für 500 € zu verkaufen.
Kurt Bultmann, Tel. 0162 1004602, E-Mail: kurt.bultmann@ewetel.net

Fachhandel für opt. Geräte und Astro-Teleskope
OPTIC MAKARIO
Optische u. feinmechanische Fachwerkstatt
Geprüfte, präzise kollimierte Teleskope
Wir reparieren
Teleskope, Photo-Objektive, Ferngläser, Spektive, Mikroskope
NEU Umbau der Canon EOS 300 D, 350 D und 20 D für optimierten Einsatz in der Effektfotografie und Astrofotografie NEU
Langjähriger Canon Serviostechniker

Marko Klüven
Carbon-Technik
Anfertigung von individuellen Carbon-Teilen für astronomische Geräte und Zubehör
Tel. 04651-968 56-0 Fax 04561-668 56-2
www.kluven.de
m@kluven.de

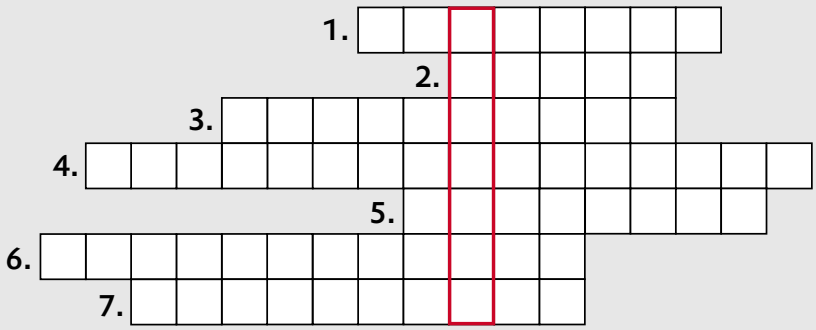
Bau einer Rolldachhütte als Standard- und Premiumausführung (auch mit elektrischem Antrieb) siehe unter http://www.rolldach-huette.de.vu

Besuchen Sie die Astro-Messe AME 2006: www.astro-messe.de

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!

1. Wie wird in der Relativitätstheorie das vierdimensionale Gefüge bezeichnet, in dem wir leben?
2. Sternquartett im Innern des Orionnebels
3. Breitengrad auf der Erde, über dem die Sonne bei einer der Sonnenwenden im Zenit steht
4. Besonderes Merkmal der Mondkrater Grimaldi und Bailly
5. Standort mehrerer Forschungseinrichtungen in der Nähe von München
6. Dunkler Bereich in der Milchstraße
7. Adjektiv, das Objekte kennzeichnet, die weniger Masse als ein Stern haben



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 12/2005, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 9.12. 2005. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der März-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 9. Februar 2006 erhältlich.

1. Preis: »Die Geschichte der Nasa« von Michael H. Gorn. Dieser reich illustrierte Band erzählt die wechselvolle Geschichte der zivilen amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde. 304 Seiten mit 500 meist farbigen Abbildungen. 29 Zentimeter, Knesebeck Verlag (www.knesebeck-verlag.de), Hamburg 2005. Wert: 39,95 €

2. Preis: »Albert Einstein – $E = mc^2$« DVD, Stereo, Bildformat 4:3, Laufzeit zirka 90 Minuten, Produktion: WGBH, deutsche Fassung NDR, KM (www.komplett-media.de). Wert: 39,95 €

3. Preis: »Das Weltbild der Astronomie« von Harry Nussbaumer. Die wissenschaftliche Entdeckung des Universums und das Geheimnisvolle des nächtlichen Himmels verbinden sich zur Faszination der Astronomie. 192 Seiten, 24 Zentimeter, vdf (www.vdf.ethz.ch). Wert: 39,80 €

4. & 5. Preis: »Skyscout – Sterne und Sternbilder einfach finden« von Lambert Spix. Eine praktische Orientierungshilfe für Sternfreunde komplett mit Himmelsansichten, Aufsuchhilfen, Karten und Beschreibungen. 30 Seiten, 21 Zentimeter, Spiralbindung. Oculum-Verlag (www.oculum.de). Wert: je 9,90 €

Sirius Astron. Beoba. Kuppeln aus Australien
Die Fa. Sirius aus Australien ist seit vielen, vielen Jahren als zuverlässiger Hersteller von astronomischen Beobachtungskuppeln bekannt und baut derzeit ihr Vertriebsnetz aus. APM-Telescopes in Saarbrücken ist Exclusiv-Vertreter für Deutschland.

2.3m Heim Modell mit Wänden **ab Euro 7.000**

6.7m Universitäts Modell mit Wänden **ab Euro 49.900**

3.5m Schul Modell mit Wänden **ab Euro 14.500**

Nähere Daten sowie Informationen über Ausbaustufen bin hin zur Internetkontrolle erhalten Sie bei uns auf Anfrage

APM Telescopes Goebenstr. 35 66117 Saarbrücken Tel.: 0681-9541181 Fax: 0681-9541169 www.apm-telescopes.de anfrage@apm-telescopes.de

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen
für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

Lösung des Preisrätsels im Oktober-Heft:

						P	E	R	I	G	Ä	U	M	
P	L	A	N	E	T		X							
	W	H	I	R	L	P	O	O	L					
Z	E	N	T	R	A	L	M	E	R	I	D	I	A	N
			H	O	H	M	A	N	N					
		V	O	R	W	Ä	R	T	S	S	C	H	O	C	K
				Q	U	A	S	A	R	E				

LÖSUNG:
Exomars: Studie für eine europäische Marsmission im Rahmen des Aurora-Programms

Gewinner des Preisrätsels: 1. Ute Katrin Niemann, Bockhorn (Atlas der Sternbilder); 2. Simon Häringer, Brieselang (Bildband »Wissen neu erleben«); 3. Rainer Gruhnert, Dresden (Eintrittskarten »Cybernarium«)

Ein Präsent von zeitloser Schönheit

Armbanduhr »Galaxis«

Exklusiv für die Leser unserer Magazine und in limitierter Auflage bieten wir diese Herrenarmbanduhr, swiss made von Fortis, an. Mit Quarzlaufwerk, schwarzem Lederarmband und Datumsanzeige ist die Uhr auch noch bis 50 m / 5 ATM wasserdicht. Die Rückseite ist mit einer individuell eingravierten Auflagennummer versehen. 1 Jahr Herstellergarantie; € 119,- (zzgl. Versandkosten)
Eine Bestellmöglichkeit finden Sie auf dem Beihefter unter der Verlagsadresse oder im Internet.

www.spektrum.de/lesershop

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstr. 3–5
D-69126 Heidelberg | Telefon 06221 9126-600 | Telefax 06221 9126-751
marketing@spektrum.com

VORSCHAU

Urknall und was dann?

Wie konnte sich der Kosmos zu dem entwickeln, was wir heute sehen? 1980 veröffentlichte Alan Guth die »Inflationstheorie«, die uns der Antwort auf diese Frage näher bringt

ILLUSTRATION: S&T, CASEY B. REED

S&T

Ausschnitt des Sechsecks

Sirius, Prokyon und Beteigeuze bilden das Winterdreieck. Gehen Sie mit uns auf Sightseeingtour!

Sternegucken per Autopilot

Go-to-Teleskope stellen sich computergesteuert auf das gewünschte Ziel ein – und machen Beobachtungen kinderleicht. Eine Marktübersicht

NIGHT SKY, J. KELLY BEATTY

ILLUSTRATION: JHUAPL / SWRI

Auf zu neuen Horizonten

Die Nasa-Sonde New Horizons startet ins äußere Sonnensystem zum (Noch-) Planeten Pluto und darüber hinaus

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Mitarbeit in diesem Heft: Corinna Karow, Dr. Rainer Kayser, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Dr. Rainer Riemann, Dr. Achim Schneider, Stefan Seip
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744

Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Str. 47, D-70597 Stuttgart, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste vom Januar 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: Sky Publishing Corporation, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA. President/Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; Marketing Director: Marcy McCreary

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.